Untersuchungen

über die

Morphologie, Biologie und Physiologie der Blüte

von

Victoria regia.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

bei der

hohen philosophischen Facultät der Universität Marburg

eingereicht von

Eduard Knoch.

Marburg 1897.

Untersuchungen

über die

Morphologie, Biologie und Physiologie der Blüte

von

Victoria regia.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

bei der

hohen philosophischen Facultät der Universität Marburg

eingereicht von

Eduard Knoch.

AGAD.
LUBLBAT.
BIBL.

Marburg 1897.

Von der Facultät als Dissertation angenommen am 8. Dezember 1897.

DRUCK VON FRIEDR. SCHEEL, CASSEL.

Meinen geliebten Eltern

in herzlicher Liebe und Dankbarkeit gewidmet.

Der Verfasser.

Inhalts-Verzeichnis.

Seite

Einleitung 1

A. Der morphologische Bau der Blüte von *Victoria regia* und die Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Schliesszapfen und der Karpellanhängsel 2

I. Allgemeine Morphologie der Blüte 2

II. Spezielle Morphologie und Anatomie der Staubgefässe, Schliesszapfen und äusseren Staminodien 4

1. Gefässbündelverlauf 6

a. der Staubgefässe 6

b. der äusseren Staminodien 6

c. der Schliesszapfen 7

2. Anatomie des Gewebes 7

a. Staubgefässe 7

b. Äussere Staminodien 8

c. Schliesszapfen 9

3. Entstehung der Längsfurchen der inneren Schliesszapfen 9

III. Entwickelung der Karpellblätter bei *Nymphaea alba* und *Victoria regia* und Anatomie der Karpellanhängsel bei Victoria 11

a. *Nymphaea alba* 11

b. *Victoria regia* 12

c. Anatomie der Anhängsel 15

IV. Zusammenfassung 15

B. Die mutmassliche biologische Bedeutung der beim Blühen beobachteten Veränderungen . . . 17

I. Während des Blühens auftretende morphologische Veränderungen 17

II. Ist das biologische Verhalten der Blüte von *Victoria regia* eine Bestäubungseinrichtung im Sinne Delpino's? 20

C. Die Erwärmung der Blüte von *Victoria regia* vom physiologischen Standpunkte aus betrachtet 24

I. Allgemeines 24

II. Caspary's Untersuchungen über die Wärmeentwickelung der Blüte von *Victoria regia* 25

III. Meine Untersuchung über die Wärmeentwickelung der Blüte von *Victoria regia* 30

IV. Zusammenfassung 44

D. Die während des Blühens in den Anhängseln auftretenden stofflichen Veränderungen und ihre Beziehungen zur Erwärmung und Kohlensäureausscheidung 45

Litteratur-Verzeichnis 55

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554035_0036

Herr Professor Arthur Meyer hatte beobachtet, dass sich die Karpellanhängsel der Blüte von *Victoria regia*, auch wenn er sie von den Karpellen abschnitt, sehr kräftig, bis zu 27 °, erwärmten. Er stellte mir deshalb die Aufgabe, zu untersuchen, ob diese Organe mit den Kolben der Aroideen vergleichbare Erwärmungsapparate seien, in welcher Weise sich die verschiedenen Teile der Blüte überhaupt an der Erwärmung der Blüte beteiligten, und welche biologische Bedeutung die Erwärmung der Victoria-Blüte besitzen könne. Zugleich sollte die bisher nicht genau untersuchte Frage entschieden werden, welchen morphologischen Wert die Anhängsel und die damit verwachsenen Schliesszapfen (Caspary's Paracarpella) besässen.

Von den Resultaten der unter Leitung des Herrn Professor Meyer im Botanischen Institut zu Marburg angefertigten Arbeit will ich zuerst die über die Morphologie und Anatomie gefundenen Thatsachen besprechen, dann werde ich die biologischen Beobachtungen, schliesslich die physiologischen Versuche über die Erwärmung der Blüte mitteilen.

A. Der morphologische Bau der Blüte von Victoria regia

und die Anatomie und Entwickelungsgeschichte der Schliesszapfen und der Karpellanhängsel.

I. Allgemeine Morphologie der Blüte.

Die ersten Nachrichten über die *Victoria regia* wurden von Dr. Thaddaeus Haenke, der die Pflanze im Jahre 1800 oder 1801 im Rio Mamore in der Provinz Moxos in Bolivia fand, und von D'Orbigny, der sie im Jahre 1833 in demselben Flusse sah, nach Europa gebracht. Fast zur selben Zeit, wie der letztgenannte Forscher, beobachtete sie auch Robert Schomburgk in dem Flusse Berbice bei seiner Reise durch Guajana. In der Folgezeit wurden dann verschiedene mehr oder weniger ausführliche Monographien über diese Pflanze geschrieben, die sich fast ausschliesslich auf die äussere Morphologie beziehen. Von den Arbeiten, welche uns ein ziemlich genaues Bild von dem Habitus der Pflanze, speziell der Blüte, geben, will ich als die wichtigsten und ausführlichsten erwähnen diejenigen von J. E. Planchon und van Houtte (1850–51), von W. J. Hooker (1851) und die neuern von Rob. Caspary (1878), dem bedeutendsten Kenner der Nymphaeaceen. Da ich auf seine Beschreibung der Blüte verschiedentlich zurückgreifen werde, will ich dieselbe in freier Übersetzung hier anführen.

„Die Blüte der *Victoria regia* wird von 4 Kelchblättern eingeschlossen, welche, wie bei den übrigen Nymphaeaceen, sich gegenseitig dachig decken, derartig also, dass das vordere über die beiden seitlichen und diese wieder über das hintere Kelchblatt übergreifen. Auf diese Kelchblätter folgen, in alternierenden Quirlen angeordnet, 57 bis 71 weisse Blumenblätter, von denen die äussersten etwas länger als die Kelchblätter und länglich verkehrt eiförmig sind. Die dann folgenden Blumenblätter werden nach innen zu nach und nach kleiner und schmäler und gehen schliesslich in solche von fast linearer Form und karmoisinroter Farbe über. Diesen Blumenblättern schliessen sich dann etwa 15 bis 26 Staminodien von kurz lanzettlicher, zugespitzter Form [siehe zum leichteren Verständnis des Gesagten unsere Figuren*) 1 *d* und 6] an. Sie sind fleischig dick und besitzen keine Antheren oder Andeutungen derselben. Ihre Farbe ist weiss, nach der Spitze zu in karmoisinrot übergehend. Hierauf folgen 166 bis 207 linear-lanzettliche Staubgefässe (Fig. 1 *c* u. 5), welche nach der Mitte zu stufenweise kleiner und schmäler werden und schliesslich in Paracarpelle (Fig. 1 *b*, 9, 10, 11) übergehen. Die Staubgefässe sind wie die Staminodien fleischig und haben mehr oder weniger knieartig gebogene Filamente, welche bei den äussersten Staubgefässen länger als die Antheren sind, nach innen zu aber allmählich kürzer als diese werden. Die Filamente gehen unmittelbar in das Connectiv über. Die vierfächerigen Antheren sind intrors[1]) und öffnen

*) Die Arbeit ist mit Tafeln in der „Bibliotheca botanica" als Heft 47 erschienen.

[1]) Raciborski (1894) hat nachgewiesen, dass dieselben von vornherein schon intrors angelegt werden, ein bis dahin unbekannter Fall.

sich in zwei langen Längsrissen. Die Staubgefässe sind gelblich weiss, ihre Antheren rötlich. An der Spitze tragen sie einen karmoisinroten stacheligen Fortsatz. In der ersten Nacht des Blühens sind die Staubgefässe nicht ausgebreitet, sondern zu einer dichten Kugel zusammengedrückt und von den Staminodien und den innersten Blumenblättern bedeckt (Fig. 2). In der nächsten Nacht richten sie sich für kurze Zeit auf und breiten sich aus.

Die nun folgenden 19 bis 28 Blattgebilde, die Paracarpelle (Fig. 1 *b* u. 9), sind ebenfalls dick, fleischig, lanzettlich und knieartig gebogen, das Knie gegen die Mitte der Blüte gerichtet. Auf der Innenseite sind sie mit einer medianen Längsfurche versehen (Fig. 1 *b a*), welche das verkümmerte Fach andeutet. Sie stehen in zwei ungleichen Kreisen; die Glieder des innersten Kreises alternieren mit den Karpellblättern. Auf der Innenseite sind sie rot gefärbt, auf der Rückenseite gelblich-weiss.

Die 33 bis 39 Karpelle [1]) (Fig. 1 *e*) sind mit ihren Seiten zu einem unterständigen Fruchtknoten verwachsen und stehen quirlig um einen konischen Fortsatz des mittleren Blütenbodens (Fig. 1 *g*), welcher häufig an der Basis gerillt und verschmälert ist. Die Anzahl der Karpelle wird auf der stigmatischen Scheibe durch strahlige Längsfurchen angedeutet, die über der Verwachsungszone der Karpelle liegen. Die gelbliche Narbe des Fruchtknotens ist nicht papillös, wie die der übrigen Nymphaeaceen, sondern trägt warzige Erhabenheiten, und liegt als ein sich nach oben hin zuspitzendes Kissen den Karpellen auf.

An der Spitze sind die Karpelle mit einem an beiden Seiten sich verflachenden, dunkelkarmoisinrot gefärbten, sigmaförmigen Fortsatz versehen (Fig. 1 *a*), der in der Mitte eine seichte Furche trägt, glänzend ist, der Narbe an Länge fast gleichkommt und zu gewissen Zeiten eine Flüssigkeit ausscheidet."

Soweit Caspary. Hierzu möchte ich, was die Bezeichnung „Paracarpella" anbetrifft, die Caspary für die Übergänge von den Staubgefässen zu den Karpellen gebraucht hat, gleich bemerken, dass ich in der Litteratur nichts darüber finden konnte, dass dieser Ausdruck auch anderweitig angewandt worden ist, obgleich bei vielen anderen Pflanzen, z. B. Magnolia, Eupomatia, auch ähnliche Übergänge zwischen Staubgefässen und Karpellen vorkommen. Da ferner auch die Voraussetzung, unter welcher Caspary diese Bezeichnung gemacht hat, nämlich die, dass diese Blattgebilde nicht zur Entwickelung gekommene Karpellblätter wären, wie ich später zeigen werde, eine irrige ist, so würde der beste morphologische Ausdruck dafür „innere Staminodien" sein. Wenn ich trotzdem für diese Blattgebilde den Ausdruck „Schliesszapfen" benutze, so geschieht das, um einen kurzen, auch die biologischen Verhältnisse berücksichtigenden Ausdruck zu haben. Die Übergänge zwischen Blumen- und Staubblättern werde ich jedoch als „äussere Staminodien" bezeichnen.

Die in zwei Reihen stehenden Schliesszapfen sind an ihrer Basis und dem unteren Teile der Blattoberseite derart mit einander verwachsen, dass die Glieder der innersten Reihe in der Regel auf je zwei Karpellanhängseln zu ruhen scheinen (Fig. 1), während die äusseren, mit diesen alternierenden Schliesszapfen mit denen der innersten Reihe und teilweise noch mit den Anhängseln verwachsen sind. Auch die dann folgende Reihe von Staubgefässen ist an ihrer Basis teilweise mit den Schliesszapfen verwachsen; die übrigen Staubblätter und Staminodien sind dagegen bis auf ein kleines Stück der Basis frei. Alle, auch die zuletzt erwähnten Blattorgane, liegen fest und dicht auf einander, sie sind mit ihrem unteren Teile scharf nach innen gebogen, während der obere Teil in die Höhe gerichtet ist. Dadurch

[1]) Ich fand bei einer Pflanze aus Berlin im Durchschnitt 41 bis 44 Karpelle.

ist dann ein von den Schliesszapfen und den Spitzen der Staubblätter gebildeter, fast glatter Kanal von ungefähr 2 cm Breite entstanden (Fig. 1).

Diese morphologische Beschreibung der Blüte bezieht sich der Hauptsache nach auf den Habitus derselben vor oder kurz nach dem Aufblühen, wie auch die Figur 1 eine Knospe in halbiertem Zustande unmittelbar vor dem Aufblühen darstellt. In einem späteren Kapitel werde ich zeigen, wie sich während des Blühens das Aussehen der Blüte wesentlich ändert.

II. Spezielle Morphologie und Anatomie der Staubgefässe. Schliesszapfen und äusseren Staminodien.

Über die spezielle Morphologie der zuletzt besprochenen Blattorgane, ihre Anzahl, Stellung und ihre Übergangsformen unter einander finden sich in der Litteratur von genaueren und hierauf näher eingehenden Arbeiten nur die schon angeführten von Rob. Caspary (1878), W. J. Hooker (1851), J. E. Planchon und van Houtte (1850—51) und die Arbeit von J. E. Planchon über die Nymphaeaceen (1853).

Wie Caspary schon angiebt, wechselt die Anzahl der äusseren Staminodien, Staubgefässe und Schliesszapfen sehr bei verschiedenen Blüten. So fand ich z. B. in einem Falle 26 äussere Staminodien, 176 Staubgefässe und 48 Schliesszapfen, welch' letztere in zwei Reihen von je 24 Gliedern über dem aus 40 Karpellen bestehenden Fruchtknoten standen, so dass also im Durchschnitt über 5 Karpellblätter, resp. Karpellanhängsel, 3 Schliesszapfen der innersten Reihe lagen, wie Figur 1 ja auch zeigt. Während die Blumenblätter nach Caspary I, p. 143 in alternierenden Quirlen angeordnet sind, ist bei der grossen Anzahl der Staminalblätter und der ungemein dicht gedrängten Lage derselben das Stellungsverhältnis dieser Glieder zu einander schwer zu erkennen. Trennt man von aussen nach innen vorgehend die einzelnen floralen Blätter von dem Blütenboden, so scheinen die Staminalblätter allerdings auch in alternierenden Quirlen angeordnet zu sein. Doch bemerkt man meist eine starke Verschiebung der einzelnen Quirle, so dass wahrscheinlich die von A. W. Eichler (1875) für *Nymphaea alba* angegebene Spiralstellung der Staminalblätter auch für Victoria gültig sein wird. Schon Planchon (1853) sagt p. 23: „Stamina sterilia fertiliaque numerosissima more petalorum in spiram abbreviatam, specie in pseudo-verticillos 9 disposita", und hierfür spricht auch, dass jedes Staminalblatt an der Basis mit dem schräg vor ihm stehenden Blatt verwachsen ist.

Nehmen wir jedoch der einfacheren Übersicht wegen die Stellung in alternierenden Wirteln an, so verteilen sich in dem oben erwähnten Falle die 250 Staminalblätter auf 14 Kreise. Die beiden äussersten Kreise bestehen aus den äusseren Staminodien (Fig. 1 *d*, Fig. 6); diesen schliesst sich ein Kreis von Blattorganen an, der alle Übergangsstadien zu den Staubblättern zeigt, teils noch reine Staminodien, teils Blätter, bei denen nur eine Antherenhälfte oder in einer Antherenhälfte nur ein Pollensack ausgebildet ist, bis zu Staminalblättern mit normal ausgebildeten, aber nur sehr kurzen Antheren (Fig. 7). Diesem Blattkreise folgen dann 9 Kreise von Staubgefässen, von denen die Glieder des innersten bisweilen schon wieder unvollständig ausgebildete Antheren zeigen, die zwar fast die Länge der normalen Antheren besitzen, deren Pollensäcke aber teilweise verkümmert sind. Diesen Staubgefässen folgen dann in zwei Kreisen die Schliesszapfen. Die Glieder des ersten äusseren Kreises zeigen auch hier alle Übergangsformen (Fig. 10, 11) von Staubgefässen bis zu reinen Staminodien (Fig. 9), wie man sie bei den äussersten Staminodien findet;

die Anzahl solcher Übergangsglieder kann allerdings sehr verschieden gross sein: so beobachtete ich z. B. einmal bei 17 von 24 Schliesszapfen mehr oder weniger gut ausgebildete Antheren, in einem anderen Falle dagegen von 20 nur 5 Schliesszapfen mit Antherenanlagen. Bei den innersten Schliesszapfen habe ich keine Anlage von Pollenfächern mehr gefunden; die Anatomie beider Schliesszapfen ist aber, wie ich noch zeigen werde, eine so gleiche, dass man auch beide für gleichartige Gebilde ansprechen muss.

Zum besseren Verständnis wird es angebracht sein, einer vergleichenden Anatomie noch einmal eine genaue morphologische Beschreibung dieser drei Blattorgane vorauszuschicken. Ein normales Staubgefäss stellt ein lanzettliches, flach gedrücktes, von der Seite gesehen mehr oder weniger sichelförmiges Blattorgan dar (Fig. 1 *c*, Fig. 5), welches aus einem Stiel (Fig. 5 *a*), der Anthere (*b*) und einem stacheligen Fortsatz (*c*) besteht. Die Basis des Stieles hat im Querschnitt die Form der Figur 18 und ist, wie schon gesagt, mit dem schräg über ihm stehenden Staubblatte verwachsen. Nach der Anthere zu verschmälert sich der Stiel ein wenig und geht dann direkt in diese über. Die beiden Antherenhälften sitzen auf der Innenseite des Blattes und sind, wie der Querschnitt (Fig. 23) zeigt, durch ein sich nach vorn vorwölbendes Gewebe (*v*) von einander getrennt. Auf der Innenseite verflacht sich der Connectivfortsatz nach der Spitze zu etwas (Fig. 1 *h*) und beteiligt sich mit dieser abgeflachten inneren Seite an der Bildung des schon erwähnten Kanals (Fig. 1), der in das Innere der Blüte führt.

Die äusseren Staminodien und die ersten Übergangsstadien derselben zu den Staubgefässen (Fig. 6, 7, 8) sind ebenfalls lanzettlich, aber breiter und dicker als die Staubgefässe, an der Basis im Querschnitt fast oval (Fig. 26). Nach der Spitze zu verschmälert sich das Blattorgan, wird seitlich abgeflacht und läuft schliesslich in eine Spitze aus, die dem Connectivfortsatz der Staubgefässe analog, doch nicht so deutlich abgegliedert ist. Sind Antherenanlagen da, so liegen dieselben im obersten Teil der Staminodien (Fig. 7), direkt unter dem Spitzenfortsatz.

Die Schliesszapfen sind fleischige, nach der Spitze zu sich verjüngende, von der Seite gesehen sichelförmig gebogene Blattorgane (Fig. 1 *b*), die im Querschnitt (Fig. 16, 17) mehr oder weniger die Form eines gleichschenkligen Dreiecks haben, welches je nach der Stellung der Schliesszapfen bald die Spitze nach innen gerichtet hat, zumal bei der äusseren Reihe der Schliesszapfen (Fig. 16, 17), bald die breite Seite, wie bei den Schliesszapfen des innersten Kreises (Fig. 13, 14, 15). Mit dem unteren Viertel der Blattoberseite sind sie mit dem Gewebe des Blütenbechers und dadurch auch mit den Karpellanhängseln verwachsen (Fig. 1 *b*). Der oberste Teil derselben, der dem Connectivfortsatz entsprechen würde, verflacht sich auf der Innenseite und gleicht dadurch auch in der Form vollständig dem entsprechenden Teile der Staubgefässe. Wo bei den Schliesszapfen der äusseren Reihe Antherenanlagen sich finden, liegen diese in der Mitte (Fig. 10, 11) und im unteren Teile des Blattorganes und genau wie bei den Staubgefässen auf der morphologischen Blattoberseite, die sich hier allerdings durch das starke Vorwachsen der mittleren Gewebepartie stark verschoben hat (Fig. 16 Querschnitt).

In der Litteratur finden sich verschiedene anatomische Arbeiten über die *Victoria regia*, so M. A. Trécul (1854), J. E. Planchon (1850/51), Arthur Henfrey (1852), C. F. Seidel (1869) und J. H. Blake (1887).

Von allen diesen Autoren berücksichtigt aber keiner die anatomischen Verhätnisse der Blüte näher, selbst Planchon, der die Anatomie derselben in seine Betrachtungen mit hineingezogen hat, geht nur ganz oberflächlich auf dieselbe ein. Aber gerade die vergleichende Anatomie der Staubgefässe, der

äusseren Staminodien und der Schliesszapfen giebt uns eine ganze Reihe von Beweisen für die Annahme, dass Staubgefässe und Schliesszapfen morphologisch gleichwertig sind.

Bei der Besprechung der Anatomie wird es am zweckmässigsten sein, mit derjenigen der normal ausgebildeten Staubgefässe zu beginnen, daran die der äusseren Staminodien und dann die der Schliesszapfen anzuschliessen.

1. Gefässbündelverlauf.

a. Staubgefäss.

Wie der Querschnitt (Fig. 18 *b*) durch den Basalteil des Staubgefässes zeigt, tritt in dasselbe ein mittelständiges starkes Leitbündel (*m*), und rechts und links von diesem je ein etwas schwächeres Leitbündel (*s*) ein, mit dem mittelständigen eine fast gerade Linie bildend und von diesem durch je einen grossen, luftführenden Intercellulargang (*i*) getrennt. Ausser diesen drei Hauptleitbündeln sieht man noch eine grosse Anzahl, in der Regel 11—14, kleinere Bündel in das Filament eintreten, von denen immer je eins in den beiden sich verschmälernden Seiten eintritt und je eins auf der Blattunterseite unter den erwähnten zwei Luftgängen. Die übrigen liegen auf der Blattoberseite ziemlich gleichmässig zerstreut. Wie Figur 19, welche den Leitbündelverlauf im Rücken eines Staubgefässes darstellt, zeigt, laufen diese Gefässbündel im Filament ziemlich parallel neben einander her bis zu der Stelle, wo die Antheren beginnen (Fig. 19 *n*). Hier treten die beiden mittleren kleinen Leitbündel mit den drei Hauptbündeln durch Anastomosen in Verbindung und bleiben dies auch in der Pollensackregion. Die beiden seitlichen kleinen Bündel dagegen vereinigen sich mit Bündelzweigen, welche in der Pollensackregion (zwischen *u* und *d*) von den beiden seitlichen Hauptbündeln in schräger Richtung nach der Peripherie zu sich abzweigen und sich in der Nähe des Randes schlingenförmig mit einander verbinden. Diese liefern dann die auf der Rückenseite der Staubgefässe an den Seiten ausserhalb der drei Hauptbündel liegenden Gefässbündelzweige, die man als Querschnitte in den Figuren 21 und 22 sieht. Im oberen Teile der Pollensackregion verzweigen sich die beiden seitlichen Hauptbündel und senden teils frei endigende Bündelzweige nach der Peripherie hin, teils vereinigen sie sich durch Anastomosen mit dem mittleren Hauptbündel. Nur dieses tritt in den Connectivfortsatz des Staubgefässes ein (Fig. 24), in dessen unterem Teile noch einige Seitenzweige bildend (Fig. 24 *z*).

Auf der Innenseite der Staubblätter treten ebenfalls die Leitbündel, deren Verlauf im Staubblattstiel die Figur 20 darstellt, dicht unter den Antheren mit einander durch Anastomosen in Verbindung und endigen dann frei im Gewebe. Nur zwei dieser Leitbündel (*a*, *a*) vereinigen sich nach der Mitte zu zu einem etwas kräftigeren Bündel, welches zwischen den beiden Antherenhälften hinaufläuft (Fig. 20 *b*) und kurz über den Antheren dann blind endigt.

b. Äussere Staminodien.

Die durch die Grösse der äusseren Staminodien und durch das Fehlen der Pollensäcke bedingten Abweichungen von dem eben geschilderten Leitbündelverlauf sind folgende.

In den Basalteil der Staminodien (Fig. 26) treten nicht 3, sondern 5 grössere Leitbündel ein (Fig. 26 *m*, *s*, s^1), ebenfalls in gleicher Höhe, die als Hauptbündel bezeichnet werden sollen. Ausser diesen liegen dann noch, wie Figur 26 zeigt, auf der ganzen Peripherie verteilt eine grosse Anzahl, bis 50,

kleinere Leitbündel in dem Basalteil. Im Rücken der dem Filament der Staubgefässe entsprechenden Partie des Staminodiums treten diese kleinen Bündel durch reichliche Anastomosen mit einander und mit den seitlichen Hauptbündeln in Verbindung. Eine grosse Anzahl dieser kleinen Bündel endigt in dem oberen Teile dieser Partie oder vereinigt sich mit den seitlichen Hauptbündeln. Schon in dieser Region, noch mehr aber in der höher gelegenen, den Antheren entsprechenden Partie, treten auch die 5 Hauptbündel durch starke Anastomosen mit einander in Verbindung. In dem oberen Teile der der Pollensackregion entsprechenden Partie verzweigen sich die beiden äussersten Hauptbündel und vereinigen sich zum Teil mit den beiden anderen seitlichen Hauptbündeln, so dass in die Spitze des Staminodiums nur 3 stärkere Leitbündel (Fig. 29 β, *m*, *s*) eintreten, das mittlere Hauptbündel und zwei seitliche, aus je zwei Bündeln entstandene Leitbündel. Im unteren Teile dieses Blattabschnittes verzweigen sich alle 3 Stränge noch reichlich; in die eigentliche Spitze (Fig. 30, 31) selbst dagegen tritt nur das mittelständige Hauptbündel ein, hier nur wenige Seitenzweige bildend (*z*). Auf der Innenseite des Staminodiums tritt ebenfalls eine grosse Anzahl der kleinen Leitbündel mit einander durch Anastomosen in Verbindung und endigt frei im Gewebe. Einige andere dagegen durchziehen, da sie durch Bildung von Pollensäcken nicht gehindert werden, das Gewebe bis in den oberen Teil der der Pollensackregion entsprechenden Partie des Staminodiums, wo sie sich verzweigen und frei endigen.

c. Schliesszapfen.

In dem Basalteile der Schliesszapfen (Fig. 32, 33), der dem Filament der Staubgefässe entspricht, ist die Gleichartigkeit im Verlauf der Gefässbündel beider Blattorgane noch leicht zu erkennen, und ist die Verschiebung in der Lage der drei Hauptbündel, welche durch das Verwachsen der Schliesszapfen mit dem Ringwall hervorgerufen wird, nur eine sehr geringe, wie die Figuren 32, 33 zeigen. Bedeutend grösser ist die Veränderung in der Lage der drei Hauptbündel in dem oberen Teile der Schliesszapfen (Fig. 35, 36), welcher der Pollensackregion entspricht. Wie schon gesagt, haben die Schliesszapfen hier eine fast dreieckige Gestalt angenommen, indem ihre Blattoberseite besonders kräftig nach vorn vorgewachsen ist. Infolge dieses Wachstums bleiben die drei Hauptbündel naturgemäss mehr auf der Rückenseite der Schliesszapfen liegen, wo sie, wenn diese Seite breit ist, wie bei den äusseren Schliesszapfen, noch fast in einer Linie (Fig. 17) liegen, wie auch bei den Staubgefässen, dagegen in ihrer Lage stark verschoben sein müssen, wenn die Rückenseite der Schliesszapfen sich kantig ausgegliedert hat, wie bei den innersten Schliesszapfen (Fig. 13—15). In diesem Falle liegt das mittlere Hauptbündel ganz im Rücken des Blattorganes, während die beiden seitlichen nach vorn vorgeschoben sind. Wie die Figuren 13—15 zeigen, verlaufen in der Peripherie der Blattoberseite noch zahlreiche kleinere Gefässbündel, die durch Anastomosen mit einander verbunden sind. Der Gefässbündelverlauf in dem oberen, dem Connectivfortsatz der Staubgefässe entsprechenden Teile der Schliesszapfen (Fig. 37, 38) weist keine Verschiedenheiten von den bei dem Staubgefäss beschriebenen Verhältnissen auf.

2. Anatomie des Gewebes.

a. Staubgefäss.

Betrachtet man den anatomischen Bau eines mittleren normalen Staubblattes an seiner Basis (Fig. 39), so findet man zu äusserst eine Epidermis (*e*), die von einer streifigen Cuticula (*c*) überzogen ist.

Die Zellen der Epidermis wölben sich schwach papillös nach aussen vor. Im Querschnitt sind sie fast quadratisch, im Längsschnitt ein wenig in der Richtung der Längsachse gestreckt; und zwar sind die Epidermiszellen der äusseren Seite, Blattoberseite, stärker gestreckt, als die der Innenseite. Von der Fläche gesehen sind die Epidermiszellen fünf- oder sechseckig. Vereinzelte Spaltöffnungen finden sich nur auf der Blattoberseite. Ziemlich zahlreiche Epidermiszellen sind durch eine Tangentialwand in zwei Zellen geteilt, deren obere Sekretzelle geworden ist, doch finden sich diese auch nur auf der Blattoberseite.

An die Epidermis schliesst sich nach innen zu beiderseits ein typisches Collenchymgewebe *d* an, welches aus 3—6 Reihen tangential gestreckter Zellen besteht. Die Streckung der Zellen ist auf der Innenseite weniger stark als auf der Aussenseite.

Nach innen zu geht das Collenchymgewebe allmählich in ein dünnwandiges, grosslumiges Gewebe *f* über, dessen Zellen im Querschnitt isodiametrisch, im Längsschnitt dagegen radial-quergestreckt sind. Die Zellen schliessen anfangs noch lückenlos an einander, werden weiter im Innern aber durch mehr oder weniger grosse Intercellularräume von einander getrennt. Im Innern des Gewebes liegen die schon erwähnten grossen Luftlücken, in welche die den Nymphaeaceen eigentümlichen Sternhaare hineinragen. Bei Betrachtung eines Querschnittes durch den oberen Teil des Filamentes findet man im allgemeinen dieselbe Anordnung des Gewebes. Bezüglich des Baues der Zellen ist zu bemerken, dass alle Zellformen bedeutend vergrössert erscheinen, und dass das Gewebe reicher an Intercellularen und Luftlücken ist; die Epidermiszellen haben ihre Aussenwand stark verdickt und tragen über der Mitte einer jeden Zelle eine papillöse, warzige Ausstülpung der Membran, von welcher aus in radialer Richtung die Streifen der Cuticula zu den Zellwänden sich hinziehen. Betrachtet man einen Querschnitt durch eine Anthere, so sieht man, dass das Gewebe noch lockerer gebaut ist. Die Aussenwand der Epidermiszellen des Connectivs ist noch stärker verdickt, die Verdickungsschichten ziehen an den Seitenwänden der Zellen jedoch nur bis zur halben Höhe herunter, während der untere Teil der Radialwände sehr dünn ist. Die Zellen unter der Epidermis sind dünnwandig, nicht collenchymatisch.

Die Epidermiszellen der äusseren Wand der Pollensäcke sind im Querschnitt lang gestreckt, ihre papillöse Ausstülpung der Aussenmembran wird nach der Öffnungsstelle zweier Pollensäcke zu immer schwächer, bis sie ganz wegfällt. Die Faserzellschicht (Endothecium) unter der Epidermis besteht aus einer Reihe fibröser Zellen, die sich nicht über die Aussenwand fortsetzen. Die sich wenig verzweigenden Leisten bedecken nur die Hinterwand und die Seitenwände der Zellen. Unter dieser Zellreihe liegen mehrere Schichten zusammengefallener Zellen, welche auch die übrige Innenwand der Pollensäcke ganz auskleiden.

Die Epidermiszellen des Fortsatzes (Fig. 40 *e*) sind ebenso gebaut, wie die des Connectivs. Ein Querschnitt (Fig. 40) zeigt ein gleichmässiges mit Intercellularen versehenes Gewebe, dessen Zellen denen des peripheren Collenchyms des Filaments ähneln, aber isodiametrisch sind, dickwandiger und sehr kräftig getüpfelt.

b. Äussere Staminodien.

Im anatomischen Bau der äusseren Staminodien sind nur wenige wesentliche Abweichungen von dem eben geschilderten Bau der Staubgefässe zu verzeichnen. So ist im basalen Teile derselben das Collenchym in den Ecken der Zellen bedeutend kräftiger entwickelt, und auf der Innenseite 8—14 Zell-

reihen stark, auf der Aussenseite 4—6 Zellenreihen stark. Auch in der dem Filament entsprechenden Region des Staminodiums sind die Collenchymzellen etwas stärker verdickt und bilden unter der Epidermis ein lückenloses Gewebe. Weiter nach der Mitte des Blattorgans zu, in der der Pollensackregion entsprechenden Partie, dagegen wird das Gewebe lockerer und die Zellen dünnwandig, wie in der gleichen Region des Staubblattes; da, wo keine Pollensäcke vorhanden sind, ist das Gewebe der Innenseite ebenso gebaut wie das der äusseren Seite eines Staminodiums; sind dagegen anormaler Weise Pollensackanlagen vorhanden, so findet man dieselbe Veränderung des Gewebes, wie sie für die Staubgefässe beschrieben ist. Weitere in die Augen fallende Verschiedenheiten der Anatomie findet man nicht bei den äusseren Staminodien.

c. Schliesszapfen.

Die Anatomie dieser Blattorgane gleicht im Basalteile noch vollständig derjenigen der entsprechenden Partie bei den Staubgefässen. In der mittleren Region des Blattorganes, welche dem oberen Teile des Filamentes und der Pollensackregion des Staubblattes entspricht, weicht dagegen der anatomische Bau etwas ab von demjenigen dieser Staubblattregionen und liegt etwa in der Mitte zwischen dem Bau der oberen Partie des Filamentes und demjenigen des Connectivs. Nur sind die Zellen der unter der Epidermis liegenden Collenchymschicht, welche auf der Innenseite 10—15 Zellreihen stark, auf der Aussenseite etwa um die Hälfte schwächer ist, viel stärker verdickt und ähneln schon mehr den Zellen des Connectivfortsatzes. Das von diesem Collenchym eingeschlossene innere Gewebe ist ein sehr schwammiges, mit grossen Luftlücken versehenes Parenchym, ähnlich dem der Pollensackregion des Staubgefässes. Die Spitze der Schliesszapfen ist wieder der gleichen Partie des Staubgefässes ganz gleich gebaut. Ein auffallender Unterschied zwischen den Schliesszapfen und Staubblättern scheint auf den ersten Blick in dem vollständigen Fehlen der Sekretzellen und der Spaltöffnungen zu liegen, doch verliert dieser Unterschied an Bedeutung, wenn man berücksichtigt, dass die Anzahl der Sekretzellen und der Spaltöffnungen in der Epidermis dieser drei Blattorgane von den äusseren Staminodien an nach innen zu kontinuierlich abnimmt.

Charakteristische Unterschiede sind also in dem anatomischen Bau der äusseren Staminodien, der Staubgefässe und Schliesszapfen nicht vorhanden.

3. Entstehung der Längsfurchen der inneren Schliesszapfen.

Wie schon gesagt tragen die inneren Schliesszapfen teilweise eine mediane Längsfurche (Fig. 1 *ba*), welche, als Fachüberrest bezeichnet, die Veranlassung gewesen ist, dass diese Blattorgane als verkümmerte Karpelle aufgefasst wurden. Auf den ersten Blick erwecken diese Furchen auch ganz den Eindruck von Fachmündungen (s. Meyer 1892, II, S. 246), und ist ihre Entstehung so ohne weiteres auch nicht zu verstehen. Ich untersuchte daher, um über diesen Punkt völlige Klarheit zu erlangen, die Entstehung dieser Furchen genauer und fand, dass dieselben durch die Lage und Verwachsung der Schliesszapfen mit den Anhängseln der Karpelle sekundär hervorgerufen war. Denn wie die Entwickelungsgeschichte dieser Blattorgane zeigte, ist die Furche zur Zeit der ersten Anlage der Schliesszapfen, wie

auch später zu der Zeit, wo die Karpelle und selbst die Samenfächer schon angelegt sind, sich aber die Anhängsel der Karpelle noch nicht herausgegliedert haben, nicht zu finden (Fig. 46 *Sch.*); es zeigen die Schliesszapfen auch sonst keine Anlage, die als verkümmertes oder reduziertes Fach gedeutet werden könnte. So fand ich z. B. in einer Knospe, die ich nach dem Durchfärben mit Saffranin mit Chloralhydrat vollständig aufgehellt hatte, an der Basis der schon gut ausgebildeten Schliesszapfen keine Spur irgend einer Art Vertiefung oder sonstigen Fachandeutung, die doch jedenfalls in diesem Stadium vorhanden gewesen sein müsste, da die darunter liegenden Karpelle alle ein schon gut ausgebildetes Fach zeigten.

Auch bei Betrachtung von Serienschnitten, sowohl parallel wie senkrecht zur Längsachse der Blüte, findet man stets, wenn man geeignete Stadien untersucht, dass die Anlage der Schliesszapfen derjenigen der Staubgefässe genau gleicht, und man findet nie die Andeutung einer Fachanlage. Denn würde ein Fach in diesen Blattgebilden angelegt sein, so müsste man dasselbe bei Herstellung solcher Schnitte mehr oder weniger quer treffen und als Einbuchtung erkennen, selbst wenn die Anlage sehr rudimentär wäre. Eine Einbuchtung ist aber an den Schliesszapfen bei solchen Schnitten nie zu sehen, vielmehr sind die Schliesszapfenanlagen ebenso wie die Anlagen der Staubgefässe im Querschnitt rund oder etwas oval, wie die Figuren 44 *Sch.* und 46 *Sch.* zeigen, welche einen Querschnitt durch die untere Partie einer Schliesszapfenanlage wiedergeben.

Erst in viel älteren Stadien findet man Einbuchtungen in den Schliesszapfen, wenn nämlich durch stärkeres Wachstum der oberste Teil der Karpellblätter anfängt, sich als Karpellanhängsel aus dem schrägen Ringwall herauszugliedern, wie es später bei der Entwickelung der Karpellblätter noch näher besprochen werden soll, und sich die Schliesszapfen ebenfalls weiter auszubilden beginnen. Da die innersten Schliesszapfen zumeist über der Trennungszone zweier Karpelle stehen, so wachsen nämlich die basalen Seitenteile derselben mit vor bei der Vorwucherung des die oberste Partie der Anhängsel bildenden Gewebes, mit welchem ja der basale Teil der Schliesszapfen eng verwachsen ist, während die Mitte des Basalteiles, die gerade über der Trennungszone zweier Karpelle liegt, im Wachstum zurückbleibt. Dadurch würde dann eine Einsenkung in dem Gewebe der unteren Partie der Schliesszapfen entstehen müssen, welche bei dem Heranwachsen der Schliesszapfen und Anhängsel sich verlängert und sich so zu der Furche ausbildet, welche man an älteren inneren Schliesszapfen findet.

Für diese Entstehungsweise spricht auch noch folgender Umstand. Da bei allen Blüten die Zahl der inneren Schliesszapfen eine bedeutend geringere ist, als die der Karpelle resp. Karpellanhängsel, so kann die Art der Stellung zu den Anhängseln und damit auch der Verwachsung nicht bei allen gleichartig sein; und man findet daher häufig Schliesszapfen mit breiter vorderer Basis (Fig. 15), welche entweder keine (Fig. 15, $1b\beta$) oder eine nur sehr schwache Furche (Fig. 13, 15 a) haben, je nachdem sie genau über der Mitte eines Anhängsels oder etwas seitlich verschoben stehen. Die Figuren 13—15 zeigen Querschnitte durch solche Schliesszapfen. Ich habe Knospen untersucht, wo kaum der dritte Teil der inneren Schliesszapfen eine Längsfurche zeigte.

Durch die bisherige Erörterung scheint mir klar bewiesen zu sein, dass die Schliesszapfen (Paracarpelle nach Caspary, Metacarpiden nach Raziborski) nicht aus verkümmerten Karpellanlagen hervorgegangen sind, die Längsfurchen derselben also auch kein verkümmertes Fach darstellen können.

III. Entwickelung der Karpellblätter bei Nymphaea alba und Victoria regia und Anatomie der Karpellanhängsel bei Victoria.

Die Entwickelung der Blüte von *Victoria regia* gleicht in vielen Punkten derjenigen von *Nymphaea alba*. Einige Punkte der Entwickelungsgeschichte der Nymphaea-Blüte dienen zum besseren Verständnis der Entwickelungsgeschichte der Victoria-Blüte und mögen deshalb hier mitgeteilt werden.

a. Bei *Nymphaea alba* entstehen an einem halbrunden Receptaculum zunächst die Kelch- und Blumenblätter in Form kleiner rundlicher Meristemhöcker. Dann hebt sich die Partie des Receptaculums, an der nun die Staminalanlagen entstehen sollen, durch stärkeres Wachstum in die Höhe, so dass noch vor vollständiger Anlage der letzten Staubgefässe die Mitte des Receptaculums becherartig vertieft erscheint. Aus den Seiten dieses Bechers gliedern sich dann die noch fehlenden Staubblattanlagen heraus, während zugleich der anfangs flache Boden des Bechers sich ganz flach in die Höhe zu wölben beginnt (Fig. 60). Unter der letzten Staubblattanlage entstehen dann aus den Seiten des Bechers die Karpellblätter zunächst als halbrunde Meristemhöcker (Fig. 60*k*), die sich in ihrem oberen Teile bald frei herausgliedern, in ihrem unteren Teile dagegen nur durch seitliche Rillen von einander getrennt werden. Hierin liegt ja der Unterschied der Untergattung Symphytopleura, zu der *Nymphaea alba* gehört, von der Untergattung Lytopleura, bei welcher die Karpellblätter noch bis zur Basis des Receptaculums frei sind, wie bei *Nymphaea stellata*.

Payer's (1837) Angaben und Zeichnungen von *Nymphaea alba* sind bezüglich der Anlage und Stellung der Karpellblätter nicht ganz richtig. Nach ihm (Fig. 14—19, Tfl. 59) wären die Karpelle auf dem Rande des gewölbten Receptaculums als letzte Blattanlagen in derselben Weise entstanden, wie die vorhergehenden Blattorgane, genau wie er es für Nuphar beschreibt, sodass die Fruchtknotenanlage eigentlich eine oberständige wäre.

Die Unterständigkeit des Fruchtknotens zum Andröceum käme nach Payer dann dadurch zustande, dass sich der die Staubblätter und Karpelle tragende Teil des Receptaculums nachträglich über die Insertionsfläche der Kelch- und Blumenblätter erhebt, während die sich vertiefenden Karpellfächer ihren Grund mehr und mehr unter die Insertionsfläche der letzten Staubgefässreihe senken. Schon Goebel (1886) hat auf die Unrichtigkeit dieser Angaben über die Entstehung der Fächer bei Nymphaea hingewiesen, doch stimmen auch seine Angaben nicht ganz mit den Resultaten überein, die ich bei meiner Untersuchung fand.

Bei Betrachtung eines Längsschnittes durch eine junge Knospe von *Nymphaea alba* (Fig. 60*k*) zeigt es sich, dass hier die Karpellblätter sich zwar frei aus den Seiten des Blütenbechers herausgliedern, wie man besonders an Tangentialschnitten (Fig. 62*k*) leicht erkennen kann, aber nicht „aus dem Rande des Blütenachsenbechers", wie Goebel angiebt, sondern aus der ganzen Innenseite des Ringwalles, bis zum Grunde desselben reichend, während der Gipfel des Randes noch von den jüngsten Staubblattanlagen (Fig. 60 *St* u. 61 *St*) gekrönt wird. Grosse Ähnlichkeit mit einer solchen jungen Staubblattanlage hat der freie Teil der von Goebel als Karpell bezeichneten Blattanlage (Fig. 63*k*).

Die Anlage des Faches entsteht nun in der unteren Region eines Karpellblattes in Form einer keilförmigen Einbuchtung (Fig. 62*f*), die sich nach und nach vergrössert und bis zur Basis des Blütenbechers hinabreicht.

b. Auch bei Victoria entstehen die Anlagen der Kelchblätter an einem halbrunden Receptaculum wie bei Nymphaea. Aber schon in diesem Stadium (Fig. 53) beginnt die Abflachung und Vertiefung des Blütenbodens (Fig. 54—56) durch stärkeres Wachstum des peripheren, die Kelchblätter und neuen Blattanlagen tragenden Teiles der Blütenachse, so dass hier noch vor der Anlage der Staubblätter ein tiefer Becher (Fig. 57, 58) entsteht. Durch weiteres Wachstum dieser Region vertieft sich noch während der Entstehung der Staubblätter der Becher so stark, dass der flache Boden schon bald unter dem Insertionspunkt der Kelchblätter zu liegen kommt (Fig. 58). Aus der inneren schrägen Wandung dieses ausgehöhlten Receptaculums gliedern sich dann die noch fehlenden Blattorgane heraus, und zwar bis auf die Karpellblätter alle in gleicher Weise am oberen Rande des Blütenachsenbechers (Fig. 58, 59). Zugleich erhebt sich, durch sehr schnelles Wachstum, die Mitte des Receptaculums (Fig. 45, 59), der Boden des Bechers, zu einem kegelförmigen Gebilde, welches früh fast das ganze Innere der Knospe, gleichsam als Schutz und Ruhepunkt für die jungen Blattorgane, so vollständig ausfüllt, dass noch lange die Eindrücke der einzelnen Blattorgane in demselben zu sehen sind. Infolge dieses Wachstums entsteht dann eine tiefe Rinne zwischen dieser Mittelsäule und dem Ringwall.

Als letzte Blattanlagen bilden sich die Karpellblätter, deren Entstehung insofern von der bei *Nymphaea alba* abweicht, als die Karpellblätter hier nicht mehr frei hervortreten, sondern rudimentär geworden sind, indem sie nur durch seichte, gerade Vertikalrillen, welche die Anlagen seitlich abgliedern, im Ringwall angedeutet werden; an der Spitze heben sie sich aber nicht mehr durch eine Einbuchtung vom Ringwall ab (Fig. 45^2). Von den Schliesszapfen werden sie durch eine schmale Region der glatten Blütenachse getrennt (Fig. 45^2, Fig. 47 Querschnitt). Die die Anlagen trennenden vertikalen Furchen reichen hier ferner nicht mehr bis zur Basis des Blütenbechers hinab, sondern am Grunde des Bechers befindet sich noch eine schmale vollkommen glatte Region des Ringwalles (Fig. 45*a'*), wie man sich leicht durch successive Quer- und Längsschnitte überzeugen kann. Solche Querschnitte sind in den Figuren 46—52 dargestellt. Die Fachanlage, welche bei Victoria in derselben Form wie bei Nymphaea, im unteren Teile der Karpellanlage entsteht, unterscheidet sich von der bei Nymphaea in der Weise, dass hier die die Fachanlage bildende keilförmige Einbuchtung nicht auf die Region der Karpellblätter beschränkt bleibt, sondern über dieselbe hinaus bis zum Grunde des Blütenbechers reicht (Fig. 45*f*), sodass man bei successiven Querschnitten durch geeignete Knospenstadien zu unterst die die Fachanlage andeutende Einbuchtung (Fig. 52*f*) findet, und erst weiter hinauf zwischen diesen die die Karpelle trennenden Rinnen auftreten (Fig. 50*r*). Je weiter nach der Spitze der Knospe zu, je tiefer werden diese Einbuchtungen, um so kleiner dagegen auch die Fachanlagen (Fig. 49). Schliesslich verschwinden diese ganz (Fig. 48), und man sieht nur noch den oberen, massiven Teil der Karpellblätter (Fig. 48*k*). Noch weiter nach der Spitze zu verschwinden auch diese die Karpelle trennenden Furchen, und man findet eine vollständig glatte Partie der Blütenachse (Fig. 47 *a*), aus deren höher gelegenem Teile dann die Schliesszapfen entsprungen sind (Fig. 45^1, 46 *Sch*).

Dieses Verhältnis, welches bei der Anlage der Karpellblätter und Karpellfächer zwischen ihrer gegenseitigen Stellung besteht, bleibt auch bei der weiteren Entwickelung der Blüte erhalten, so dass man auch an der ausgewachsenen Narbe sowohl die Furche, welche, über der Mitte der Samenfächer liegend, die Fachmündung anzeigt, sieht, wie auch die die Karpellblätter trennende Rinne. Erstere reicht bis zur Basis des mittleren Zapfens, letztere nur bis zu der halbrunden kleinen Vertiefung, die sich ringförmig um diesen Zapfen herumzieht.

Auch bei *Nymphaea alba* bleibt dieses Verhältnis in der Lage der Karpellblätter und der Fächer, wie es bei der ersten Anlage bestanden hat, bei der weiteren Entwickelung erhalten, wovon man sich leicht durch successive Quer- und Längsschnitte überzeugen kann, so dass hier beide Furchen auf der fertigen Narbe bis zu dem Blütenbodenfortsatz herablaufen, also auch das Fach direkt an diesen Fortsatz anstösst (Fig. 65). Die Ansicht Goebel's, dass sich an der Bildung des Faches auch die Blütenachse durch eine nachträgliche Wucherung im Grunde des Blütenbodens beteiligt, welche er durch seine Figur 10 (vgl. Fig. 64) zu demonstrieren sucht, ist daher eine irrige; Bilder, wie sie seine Figur angiebt, erhält man nur bei Tangentialschnitten, die nicht ganz parallel zur Längsachse geschnitten sind; der Zapfen (Fig. 64 *Z*) ist, wie man dann leicht verfolgen kann, nur ein Teil der Zwischenwand zweier Fächer.

Die weitere Ausgliederung der ersten Karpell- und Fachanlage bei Victoria geschieht nun in folgender Weise. Bei der fortdauernden Streckung, welche der Ringwall in schräger Richtung nach aussen hin erfährt, werden natürlich mit den übrigen Blattorganen auch die Karpellanlagen mit in die Höhe gehoben. Dagegen bleibt die Sohle des Faches zurück, und nur der obere und untere Teil desselben wird in die Höhe gehoben, der erstere durch die Karpellblätter, der letztere durch die Basis des Blütenbechers; der mittlere Teil der Fachanlage, welche also zurückbleibt, erscheint dadurch dann tief in das Gewebe eingesenkt. Das Fach bildet in diesem späteren Stadium einen langen, engen Spalt im Gewebe, dessen Wände dicht an einander liegen, und in dessen Grunde sich erst viel später die Fruchtknotenhöhle bildet.

Es ist diese Entstehungsweise des Faches bei Victoria genau zu verfolgen, da Karpell- wie Fachanlage erst sehr spät angelegt werden, d. h. die Knospen schon eine ansehnliche Grösse zu dieser Zeit erlangt haben. Die Anlage des Faches beginnt nämlich erst bei Knospen von 5—7 mm Grösse (Fig. 45 *a*).

Aus der oberen Hälfte der nur durch die vertikalen Rillen vom Ringwall abgegliederten Karpellblätter gehen bei Victoria nun die schon öfter erwähnten Anhängsel hervor, deren successive Entwickelung die Figuren 66—70, Längsschnitte durch von ein und derselben Pflanze entnommene Knospen, zeigen.

In dem Stadium, welches Figur 45 wiedergiebt, in dem schon alle Blattorgane der Blüte angelegt sind, bilden die Karpelle mit dem schmalen, zwischen diesen und den Schliesszapfen liegenden Streifen des Ringwalles, wie man sieht, noch eine glatte schräge Wand, in deren unterem Teile die Fachanlagen sich befinden. Dadurch nun, dass die Schliesszapfen weiter nach innen zu vorwachsen, wird das darunter liegende Gewebe nach oben hin schärfer abgegrenzt, ohne jedoch die Ausgliederung eines Anhängsels erkennen zu lassen. Erst in noch älteren Stadien sieht man, dass sich der direkt über der Endigung der Fachmündung liegende Gewebeteil von dem unteren, das Fach tragenden Teile abzugliedern beginnt (Fig. 66), und zugleich bemerkt man, dass durch die fortwährende Streckung der die Blattorgane tragenden Partie der Blütenachse sich auch der obere Teil der Karpelle stark gestreckt hat, während der untere, das Fach tragende Teil der Karpelle durch das Wachstum der Blüte in die Breite sich ausserdem noch verflacht hat.

Im weiteren Verlauf der Entwickelung der Blüte, wie sie die Figuren 67—70 darstellen, gliedert sich nun aus dem oberen, massiven Teile der Karpellanlage und der darüber liegenden Gewebepartie das Anhängsel derart heraus, dass diese Geweberegion in der Breite der Karpelle nach innen zu vorwuchert und nach und nach die schon beschriebene Form annimmt. Zugleich wächst dabei dann auch der Schliesszapfen nach innen zu vor und verursacht die stärkere Abgrenzung des oberen Teiles der Anhängsel.

Wie bei der Entwickelung dieser beiden Organe die Furche der Schliesszapfen entsteht, habe ich schon erwähnt.

Bei Nymphaea ist die Ausgliederung der Karpellanhängsel insofern einfacher, als hier die Karpellblätter in ihrem oberen Teile frei aus der Wand des Blütenbechers hervorwuchern (Fig. 65 *k*), und dieser obere, massive Teil sich hauptsächlich nur noch zu strecken braucht, um die Form des walzenförmigen, oben und unten etwas abgeflachten, hakig gebogenen Anhängsels zu bekommen.

Es geht aus diesen Untersuchungen hervor, dass bei *Victoria regia* die Anhängsel dieselbe morphologische Bedeutung haben, wie bei den übrigen Nymphaeaceen, wo sie vorkommen. Es sind eben eigenartige Gebilde, welche sich aus dem oberen Teile der Karpellanlagen entwickeln. Der Beweis dafür, dass dieses so sei, war bisher noch zu führen, da in der Litteratur über die Entwickelungsgeschichte dieser Organe nichts bekannt war, und Planchon (1850/51) und Caspary (1878) wahrscheinlich nur aus der Lage der Organe über den Fächern auf ihren morphologischen Wert geschlossen und sie deshalb als Karpellfortsätze bezeichnet haben.

Die biologische Bedeutung der Anhängsel bei *Victoria regia* werde ich in einem späteren Kapitel genauer besprechen. Hier sei nur bemerkt, dass sie sicher einmal Wärmeapparate sind und ferner die Erzeugung des Duftes in der Blüte allein besorgen.

Diesen Anhängseln der Victoria-Blüte morphologisch gleichwertige Gebilde kommen, wie gesagt, bei fast allen Nymphaeoideen vor. Die einzige Art der Gattung Nymphaea, welche nach Caspary (in Engler u. Prantl) keine Karpellfortsätze hat, ist *Nymphaea gigantea* Hook.; bei den übrigen Eunymphaeen und Euryaleen kommen solche Karpellfortsätze in allen Formen und Grössen vor. Sehr kleine Karpellanhängsel findet man z. B. bei *Nymphaea ampla* var. *pulchella* Casp. (Fig. 71). Grösser sind sie schon bei *Nymphaea ampla* var. *speciosa approximata* Casp. (Fig. 72). Bei unserer einheimischen *N. alba* erreichen diese Fortsätze ungefähr die Grösse der halben Narbenlänge (Fig. 73) und sind nach innen zu hakig gekrümmt. Die grössten Formen finden sich aber bei einer grossen Anzahl tropischer Nymphaeaceen, wo die Länge der Anhängsel teilweise die der Narbe übertrifft. Solche langgestreckte Formen findet man z. B. bei *N. blanda* (Fig. 74) und *N. Ortgiesiana* und ferner bei *N. rudgeana* und *N. oxypetala*, bei welchen sich die Anhängsel, wie Caspary in der Flora Brasiliensis beschreibt, keulenförmig verdickt und spiralig aufgerollt haben (Fig. 75 *a, b* u. 76).

Welche biologische Bedeutung diese Anhängsel bei diesen Nymphaea-Arten besitzen, kann ich nicht sagen, da diese Frage wohl nur durch Beobachtungen an Ort und Stelle gelöst werden kann. Da jedoch, wie ich eben gezeigt habe, bei den Nymphaeoideen alle Übergänge von den kleinsten Fortsätzen bis zu den grossen der tropischen Formen vorkommen, so wäre es möglich, dass diese Gebilde rudimentäre Anlagen wären, welche, wenigstens bei den tropischen Formen, die Funktionen der Schliesszapfen und vielleicht auch der Anhängsel von *Victoria regia* zu vereinigen versuchten. Denn bei denjenigen Nymphaeoideen, wo diese Anhängsel sehr lang entwickelt sind, wie z. B. bei *Nymphaea blanda, N. Ortgiesiana*, welche beide zu beobachten ich im hiesigen Botanischen Garten Gelegenheit hatte — übrigens auch schon bei unserer *N. alba* — bemerkt man, dass sich die Anhängsel nach der Befruchtung der Narbe nach innen zu krümmen (Fig. 74) und dadurch vielleicht die Narbe vor unnötigem Besuch schützen. Ferner fand ich auch bei der Untersuchung der Erwärmung bei Nymphaeen-Blüten eine ziemliche Temperaturerhöhung gegenüber der Temperatur der umgebenden Luft, welche bei *N. alba* bis zu 4,5 ° C., bei *N. blanda* bis

zu 4,8° C. über die Lufttemperatur stieg. Dass die Anhängsel einen wichtigen Beitrag zu dieser Temperaturerhöhung liefern, besonders da, wo dieselben verhältnismässig gross sind, glaube ich daraus schliessen zu dürfen, dass die Erwärmung der abgeschnittenen Karpellanhängsel einer Blüte von *N. blanda* ebenfalls eine ganz bedeutende war, nämlich 3° C. höher als die umgebende Lufttemperatur.

c. Anatomie der Anhängsel.

Die Anhängsel werden nach aussen hin durch eine Epidermis abgegrenzt, welche von einer stark wellig gebogenen Cuticula überzogen ist (Fig. 41). Auf der vorderen, runden Seite der Anhängsel besteht diese Epidermis aus relativ grossen fast rechteckigen Zellen, deren Aussenwand sehr stark verdickt ist und deren Seitenwände mit zahlreichen Tüpfeln versehen sind (Fig. 41 *E*). An den beiden Seiten sind die Epidermiszellen bedeutend kleiner, kaum ein Drittel so gross (Fig. 42 *E*); die Zellwände sind weniger verdickt und nicht getüpfelt. Da die Anhängsel mit ihren Seiten dicht an einander liegen, so bedürfen sie hier jedenfalls nicht eines solchen Schutzes nach aussen hin, wie an dem vorderen abgerundeten Teile, daher an den Seiten jedenfalls auch die geringere Membranverdickung; auch ist die Cuticula, wie die Figur 42 *c* zeigt, hier weniger wellig gebogen, oft sogar fast glatt. Membranausstülpungen, wie bei den Epidermiszellen der früher besprochenen Blattorgane, kommen nicht vor. Das ganze übrige Gewebe wird von einem sehr lockeren Schwammparenchym gebildet, wie Figur 43 zeigt; in demselben verlaufen zahlreiche Gefässbündel, die sich alle von einem im Rücken der Anhängsel, im Ringwall liegenden Gefässstrang abzweigen. Nach der Anheftungsstelle am Ringwall zu wird das Schwammparenchym noch lockerer und an Intercellularräumen reicher und geht dann in ein mit grossen Intercellularen versehenes Gewebe über, das aus collenchymatisch verdickten Zellen besteht und sich im Bau ganz dem Gewebe unter der Narbenregion, zu beiden Seiten der Samenfächer, anschliesst. Charakterisiert ist dieses Gewebe besonders dadurch, dass die Membranen der Zellen mit zahlreichen in die Intercellularen hineinragenden papillösen Membranausstülpungen besetzt sind. Ausserdem liegen in dem Gewebe zahlreich verstreut die schon erwähnten Sternhaare, die sich vereinzelt auch im Gewebe der Anhängsel, und dann nur in der Nähe der Gefässbündel, finden.

Bezüglich des Inhalts der Zellen verweise ich auf den physiologischen Teil der Arbeit.

Zusammenfassung.

Die wichtigsten Ergebnisse dieser vorstehenden Untersuchungen würden also kurz zusammengefasst folgende sein.

1. Die von Caspary als „Paracarpelle“, d. i. „nicht zur Entwickelung gekommene Karpellblätter“, bezeichneten Blattgebilde sind innere Staminodien und von mir aus biologischen Gründen „Schliesszapfen“ genannt.

Dieselben stehen in zwei Reihen; die Glieder der äussersten Reihe zeigen alle Übergänge zu Staubgefässen. Bei den Gliedern der innersten Reihe findet man Antherenanlagen nicht mehr; wohl aber tragen dieselben teilweise auf der Innenseite eine Längsfurche.

Diese Längsfurche ist durch die Stellung und durch Verwachsung der Schliesszapfen mit den Karpellanhängseln bedingt.

Die Anlage der Schliesszapfen gleicht vollständig derjenigen der Staubgefässe.

Charakteristische Unterschiede in anatomischer Beziehung zwischen Schliesszapfen und Staubgefässen sind nicht vorhanden.

2. Die Anlage der Blattorgane der Blüte von *Nymphaea alba* geht derartig vor sich, dass an einem halbrunden Receptaculum zunächst Kelch- und Blumenkronblätter entstehen. Erst während der Anlage der Staubgefässe vertieft sich dieses Receptaculum zu einem Becher, aus dessen Rande die letzten Staubgefässe entspringen.

Die Karpellblätter gliedern sich aber nicht aus dem Rande dieses Blütenachsenbechers heraus, sondern aus der ganzen Innenseite des Ringwalles, bis zum Grunde desselben reichend.

Das Fach entsteht in der unteren Region des Karpellblattes in Form einer keilförmigen Einbuchtung, die bis zur Basis des Blütenbechers hinabreicht. An der Fachbildung beteiligt sich nicht auch noch die Blütenachse durch nachträgliche Wucherung im Grunde des Blütenbodens, wie Goebel angiebt.

3. Die Entwickelung der Blüte von *Victoria regia* unterscheidet sich von derjenigen von *Nymphaea alba* insofern, als schon gleich bei der Bildung der Blumenkronblätter das Receptaculum sich vertieft, so dass schon vor der Anlage der Staubgefässe ein tiefer Becher entstanden ist, aus dessen Rande die Blattorgane mit Ausschluss der Karpelle hervorwachsen.

Die Karpelle gliedern sich wie bei Nymphaea aus der Innenseite des Blütenachsenbechers heraus, aber sie wachsen hier nicht mehr frei hervor, sondern werden in der Wand des Bechers nur noch durch seichte gerade Vertikalrillen von einander abgegrenzt, welche nicht bis zum Grunde des Bechers reichen.

Die Fachanlage ist auch bei Victoria eine keilförmige Einbuchtung. Dieselbe reicht bis auf den Grund des Blütenbechers, ist also nicht nur auf das Karpellblatt beschränkt. Hier könnte man also sagen, die Blütenachse beteilige sich an der Fachbildung.

4. Bei *Nymphaea alba* wächst die frei hervorstehende Spitze des Karpellblattes zu einem walzenförmigen, hakig gebogenen Anhängsel aus.

5. Bei Victoria tritt an der Spitze eines jeden Karpellblattes aus dem Ringwall ein sigmaförmiges Anhängsel hervor, gebildet aus Gewebe des oberen Teiles der Karpellblattanlage und dem darüber (zwischen Karpellblatt und Schliesszapfen) liegenden Gewebe des Ringwalles.

6. Dass diese Anhängsel zu gewissen Zeiten eine Flüssigkeit ausscheiden, wie Caspary angiebt, habe ich nicht beobachten können, denn die zahlreichen Tropfen, die man beim Öffnen der Blüte auf diesen Anhängseln findet, scheinen mir nur ein Feuchtigkeitsniederschlag aus der in der Knospe vor dem Aufblühen herrschenden feuchten Atmosphäre zu sein.

7. Wo bei Nymphaeoideen Anhängsel vorkommen, haben dieselben gleiche morphologische Bedeutung, es sind Gebilde, die sich aus dem oberen Teile der Karpellblattanlagen entwickeln.

Der anatomische Bau der Anhängsel ist von dem der Staubgefässe, äusseren Staminodien und Schliesszapfen verschieden.

B. Die mutmassliche biologische Bedeutung der beim Blühen beobachteten Veränderungen der Blüte von Victoria regia.

I. Während des Blühens auftretende morphologische Veränderungen.

Die *Victoria regia* gehört, wie bekannt, zu den sogenannten Nachtblühern und bringt ihre Blüten gegen Abend zur Entfaltung. Ob eine Knospe abends aufblühen wird, ist in der Regel schon einige Stunden vorher mit Sicherheit zu sagen. Ist das Wetter günstig, d. h. ist reichlich Sonnenschein vorhanden, so sieht man schon vormittags, wie die Kelchblätter sich lockern und ein mehr oder weniger breiter Streifen der darunter liegenden weissen Blumenblätter sichtbar wird. Auch hat sich der Blütenstiel stark gestreckt und die Knospe bis zu 20 cm über Wasser gehoben.

Auf ein interessantes Verhalten der Pflanze vor dem Aufblühen ihrer Blüte möchte ich hier aufmerksam machen. Jede Knospe der *Victoria regia* wird nämlich, je nach der Witterung und auch wohl nach der Jahreszeit, 3—11 Tage vor dem Aufblühen über Wasser sichtbar, indem ihre Spitze dann über die Wasseroberfläche hervorragt. Anstatt dass nun aber die Knospe sich bis zum Zeitpunkt des Aufblühens, wo sie ja ganz über Wasser ist, ununterbrochen hebt, wie man erwarten sollte, senkt sich dieselbe allabendlich wieder unter Wasser, um den folgenden Morgen etwas höher als am vorigen Tage über die Oberfläche desselben gehoben zu werden. Dieses Spiel wiederholt sich bis zu dem Tage, an welchem die Knospe zum Aufblühen kommt.

Dieselbe Beobachtung konnte ich auch bei *Nymphaea blanda,* die ebenfalls Nachtblüher ist, machen. Auch hier hob und senkte sich die Knospe bis zu dem Tage, an dem sie abends nach dem Dunkelwerden aufblühte. Dagegen habe ich bei *Nymphaea alba* diese Erscheinung nicht wahrnehmen können. Es wäre sicher interessant, den Reiz, durch welchen dieses Sichheben und -Senken der Knospe bewirkt wird, und auch den Mechanismus, mit dessen Hülfe die Pflanze diese Bewegung ausführt, kennen zu lernen.

Ist der Tag des Aufblühens gekommen, was sich also an dem oben geschilderten Verhalten der Kelchblätter erkennen lässt, so findet man ferner noch im Laufe des Tages folgende charakteristische Merkmale, welche uns das Aufblühen am Abend zur Gewissheit machen; dieselben bestehen einmal in dem Auftreten des Blütenduftes, und dann in einer schon vorher eintretenden mehr oder weniger starken Erwärmung des Blüteninnern.

Bei einer am 16. Juli 1896 zum Blühen gelangten Knospe machte ich in dieser Hinsicht folgende Beobachtungen: Schon etwa neun Stunden vor dem Aufblühen fand ich eine Temperaturerhöhung in der Knospe im Vergleich zu der Temperatur der dieselbe umgebenden Luft von 1,2° C. Ich hatte bei der Beobachtung das Thermometer so eingeführt, dass das Quecksilbergefäss in den von den Staubgefässen und Schliesszapfen gebildeten Kanal frei hineinhing. Etwa zwei Stunden später fand dann eine allmähliche Steigerung der Blütenwärme statt, bis zur Erreichung eines Höhepunktes zwischen 6 und 7 Uhr abends. In diesem Stadium übertraf die Blütenwärme die Temperatur der die Blüte umgebenden Luft um ungefähr

10—12° C. Mittags hatte ich dann auch schon deutlich den eigentümlichen, fruchtätherartigen Blütenduft wahrgenommen, als ich mich dicht über die Öffnung in der Knospe beugte, welche ich behufs Einführung des Thermometers durch Kelch- und Blumenblätter gebohrt hatte.

Bei ungünstigem, trübem und regnerischem Wetter verzögern sich allerdings diese Anzeichen mehr oder weniger, und ist dann das Aufblühen der Knospe sehr schwer vorauszusagen, selbst wenn die Kelchblätter schon die beschriebene Lage eingenommen haben.

In der Regel entfaltet sich die Blüte zwischen 5 und 7 Uhr abends; nur einmal bemerkte ich ein Aufblühen zwischen 3 und 3½ Uhr nachmittags, welches jedenfalls dadurch veranlasst war, dass infolge eines schweren Gewitters von 2½ bis 4½ Uhr starke Dunkelheit herrschte. Bei anhaltend trübem Wetter kann es sogar vorkommen, dass die Blüte, wenn sie eben schon lange im Aufblühstadium sich befand, sich in der Nacht oder gegen Morgen öffnet.

Beim Aufblühen sprangen die Kelchblätter nach einander in ganz kurzen Zwischenräumen auf, und diesen folgten dann nach kurzer Zeit die äusseren weissen Blumenblätter. Die inneren Blumenblätter lockerten dagegen nur allmählich ihre Lage und öffneten sich erst im Laufe des Abends vollständig; zwischen 10 und 12 Uhr abends erschien die Blüte meist ganz geöffnet. Die 4 Kelchblätter wie die äussersten Blumenblätter waren in diesem Stadium schräg nach aussen zurückgeschlagen. Die innersten Blumenblätter waren rötlich, alle übrigen schneeweiss gefärbt.

Betrachten wir im Verlauf des Aufblühens den Kranz der Staminodien, Staubgefässe, Schliesszapfen und Anhängsel, so sehen wir, dass deren Lage sich während dieser Zeit bedeutend veränderte. Kurz vor dem Aufblühen, in der Knospenlage, hatten diese Organe der Blüte die im Anfang beschriebene Form und Lage (Fig. 1). Alle einzelnen Teile derselben hatten ferner um diese Zeit ein festes, pralles Äussere und zeigten auch beim Anfassen diese Konsistenz. Aber schon 2—3 Stunden nach dem Aufbrechen der Knospe, zur Zeit also, wo die Wärme der Blüte schon im Abnehmen begriffen war, änderte sich das Aussehen dieser Blattorgane, und bemerkte ich deutlich, dass die Staminodien, Staubgefässe und Schliesszapfen sich etwas nach innen gebogen hatten. Die Anhängsel zeigten dann auch nicht mehr die pralle, glatte Form von vorhin, sondern waren etwas schlaff geworden und merklich durch die darüber liegenden Schliesszapfen zusammengedrückt. Die Weite des von den genannten Blattorganen gebildeten Kanales wurde naturgemäss auf diese Weise nach und nach verringert. Im weiteren Verlauf des Blühens beugten sich nun diese Blattorgane immer mehr nach innen zu, bis der Kanal vollständig geschlossen war, wahrscheinlich wurde dies am folgenden Morgen erreicht. Genau sagen kann ich allerdings nicht, wann der Zustand des vollständigen Verschlusses eintritt, da ich während der Beobachtung stets ein Thermometer durch die Öffnung in das Innere der Blüte geführt hatte. Jedenfalls fand ich am anderen Morgen zwischen 8 und 9 Uhr den Kanal soweit geschlossen, dass das Thermometer, dessen lang ausgezogener dünner unterer Teil nur 4 mm dick war, von den sich gegen dasselbe stemmenden Schliesszapfen und Staubgefässen festgehalten wurde. Und als ich dasselbe mittags für einen Augenblick herauszog, schloss sich die Öffnung so schnell und vollkommen, dass ich nur mit Gewalt das dünne Quecksilbergefäss wieder einführen konnte. Die Anhängsel wurden infolge dieser starken Krümmung so zusammengedrückt, dass die beiden Schenkel derselben auf einander lagen. Figur 2 zeigt eine Blüte mit noch nicht völlig geschlossenem Kanale, doch giebt sie von der Lageveränderung der Staubblätter und Schliesszapfen, sowie der Formveränderung der Anhängsel ein gutes Bild. Im Laufe des Morgens begannen nun auch,

wenn die Witterung günstig, vor allem wenn reichlich Sonnenschein vorhanden war, die Blumenblätter sich langsam wieder zu schliessen bis auf die äussersten Blattkreise. Bei trübem Wetter neigten sich nur die innersten Blätter wieder zusammen. Ich habe nicht Gelegenheit gehabt, vollkommen geschlossene Blüten zu beobachten, da während dieser an der Pflanze selbst gemachten Beobachtung das Wetter zu ungünstig war und ich meine späteren Beobachtungen nur an abgeschnittenen Blüten gemacht habe. Doch glaube ich, dass bei normalem Verlaufe des Verblühens der Schluss der Blütenblätter ein nahezu vollständiger ist. Caspary hat wohl auch geschlossene Blüten gesehen, was man aus einer Bemerkung in Bomplandia, 1855, schliessen kann, in welcher er (pag. 188) sagt: „Wie die spätesten Blüten immer, zeigte auch die dritte Blüte (21. Oktober) die intensivsten Farben und die Abweichung von dem früheren, die bei den letzten ebenfalls gewöhnlich vorkommt, dass sie sich überhaupt nicht mehr schloss, sondern Tag und Nacht hindurch bis zur Verwesung der Petala offen blieb." Ob dieses letztere Verhalten der Blüte eine natürliche, ihr in der Heimat der Pflanze auch zukommende Eigenschaft ist, dürfte wohl zu bezweifeln sein, vielmehr scheinen mir hier nur unsere Klimaverhältnisse die Veranlassung dazu zu sein, indem Ende September oder Anfang Oktober das Sonnenlicht nicht mehr ausreicht, der Pflanze die nötigen Wachstumsbedingungen zu geben.

Der Geruch der Blüte, welcher schon während der Nacht sehr abgenommen hatte, war am Morgen nach dem Blühen fast ganz verschwunden, und ebenso war der Wärmeunterschied zwischen der Temperatur der Blüte und der sie umgebenden Luft ein viel geringerer geworden.

Während des Nachmittags dieses zweiten Tages begannen dann die bislang schneeweissen Blumenblätter sich ziemlich schnell zu röten und zugleich sich wieder ganz zu öffnen, so dass zwischen 5 und 6 Uhr die Kelch- und Blumenblätter zum zweiten Male ganz zurückgeschlagen waren (Fig. 3). Die übrigen Blattorgane der Blüte schlossen dagegen noch locker die Öffnung nach innen; alle zusammen waren aber jetzt karmoisinrot. Im weiteren Verlauf begannen auch die Staminodien, Staubgefässe und Schliesszapfen sich wieder zu heben, wodurch der Verschluss der inneren Blütenhöhlung aufgehoben wurde und wieder ein etwa 3—4 cm weiter Kanal zwischen diesen Blattorganen entstand. Nach und nach legten sich dieselben dann immer mehr zurück, bis sie zwischen 10 und 12 Uhr abends ihre innere Blattfläche mit den Antheren wagerecht ausgebreitet hatten. Zugleich begannen die Staubgefässe zu stäuben. Ein bedeutender Wärmeüberschuss war um diese Zeit nicht mehr zu beobachten. Gegen Morgen des dritten Tages begannen dann sämtliche Blattorgane der Blüte sich wieder aufzurichten und sich im weiteren Verlaufe desselben locker nach innen zu legen. Ich habe zwar nicht sehen können, dass die Blumen- und Kelchblätter sich auch wieder zusammen neigten, doch liegt der Grund hierfür vielleicht in den ungünstigen Witterungsverhältnissen.

Was das Aussehen der Narbe, welche ich bei einer späteren Blüte beobachtete, anbetrifft, so fällt zunächst auf, dass dieselbe während der Periode des Blühens nicht wie bei der Gattung Nymphaea Flüssigkeit ausscheidet, sondern während dieser Zeit den Eindruck erweckt, als wäre sie trocken. Bei genauerem Hinsehen bemerkt man aber am Abend oder in der Nacht des zweiten Tages, zur Zeit, wo die Staubgefässe zu stäuben beginnen, kleine Tröpfchen einer Flüssigkeit auf der Narbe, die jedenfalls dazu dienen, den Pollen festzuhalten und zum Keimen zu bringen. Die Narbe hat um diese Zeit sich rot gefärbt, wie die übrigen Blütenteile. Wann die Narbe befruchtungsreif ist, konnte ich wegen Mangel an Material nicht mehr feststellen.

II. Ist das biologische Verhalten der Blüte von Victoria regia eine Bestäubungseinrichtung im Sinne Delpino's?

Wenn ich die eben geschilderten Verhältnisse berücksichtige, welche man beim Blühen und Verblühen der Blüte von *Victoria regia* beobachtet, und zugleich die später noch genauer zu schildernden Erwärmungserscheinungen der Blüte mit ins Auge fasse, so scheint es mir, als lägen bei Victoria ganz ähnliche biologische Verhältnisse vor, wie sie für die Arum-Arten und Magnolia-Arten durch die Untersuchungen F. Delpino's, 1869, F. Hildebrand's, 1870, Müller's, 1873, und G. Kraus', 1885 und 1896, bekannt geworden sind. Geruch und Erwärmung scheinen zur Anlockung von Kreuzungsvermittlern bestimmt zu sein; das periodische Schliessen und Öffnen der Blüte ist anscheinend dazu bestimmt, rechtzeitig einzufangen und zu entlassen.

Ich will versuchen, die Richtigkeit dieser Hypothese durch Vergleichung des Verhaltens der Victoria-Blüte mit den genannten Pflanzen wahrscheinlich zu machen.

Eine vortreffliche Schilderung der Biologie von Arum und Magnolia findet man bei Delpino in seinem Werke „Ulteriori osservazioni sulla dicogamia nel regno vegetale", 1869, und gebe ich dieselbe nach der Übersetzung von F. Hildebrand, Bot. Zeitung 1870, pag. 585, wieder:

„Die Blütenscheide der Arum-Arten ist bekannt; man kann an ihr zwei Teile unterscheiden, den umhüllenden und den fahnenartigen. Der erstere bildet durch Übereinanderrollen des einen Randes über den anderen eine cylindrische, unten und an den Seiten geschlossene Höhlung, während der andere sich in ein offenes Zelt ausbreitet, welches durch seine von dem grünen Laube abstechende gelbliche Farbe als die Pforte erscheint, welche die Insekten zum Eintritt einladet. Der Blütenstand (spadix) selbst hat gleichfalls zwei verschiedene Regionen, welche denen der Spatha entsprechen. An dem unteren Teile, welcher die Mitte des Spathakessels einnimmt, ist derselbe von vier verschiedenen von einander getrennten Abteilungen von Organen besetzt; unten finden sich die vollkommenen Oxanien (nackte weibliche Blüten), darauf folgen zwei bis drei Umläufe abortierter Oxanien (Parakarpidien), welche das Ansehen weich begrannter Anschwellungen haben — ihre biologische Bedeutung hält Delpino für geringfügig. Nach einer weiteren kurzen Unterbrechung folgen am Spadix mehrere Umläufe von vollkommenen Staubgefässen (nackte männliche Blüten) und endlich einige Umläufe von abortierten Staubgefässen (Parastemonen) als weich begrannte Anschwellungen, deren biologische Bedeutung eine sehr wichtige ist. Dieselben stehen gerade in der Höhe des Einganges in den Blütenkessel, ihre Länge und Anordnung ist derartig, dass sie von dem Spadix etwas nach unten geneigt abstehen und mit ihren Spitzen die Wände des Kessels berühren. In dieser Weise verschliessen sie den Eingang dermassen, dass Insekten leicht in den Kessel eindringen, aber dann, in diesem gefangen, keinen Rückzug nehmen können, — kurz, es wiederholt sich hier in bewundernswerter Weise die Einrichtung der Blüten von *Aristolochia Clematitis*. Nachdem so am Spadix in dem Kessel die Geschlechtsteile eingeschlossen erzeugt worden, verlängert sich jener und trägt an seiner Spitze eine Art von Keule, welche dem vexillären Teile der Spatha entspricht; dieselbe ist gelb, nackt, von fettigem drüsigen Ansehen, im ersten Stadium der Entwickelung wärmer als die umgebende Luft, alles Umstände, welche gewiss Fliegen anlocken, sich auf ihr niederzulassen und an ihr entlang ins Innere des Kessels einzudringen."

Und hiernach unterscheidet dann Delpino vier Stadien während des Bestäubungsvorgangs, welche G. Kraus in seiner Abhandlung „Über die Blütenwärme bei *Arum italicum*“ folgendermassen wiedergiebt:

I. Die Blüte öffnet sich und duftet. Aufnahme der pollenbringenden Gäste; die sich aufrollende Spatha dient als Fahne (Wegweiser), der Kolben als „Leitstange“, der Spathenkessel als Kerker, durch die im Hals stehenden Haare gesperrt. Die Narbe ist reif, die Antheren geschlossen (protogyne Blüte).

II. Die Narbenhaare zergehen, an ihre Stelle tritt ein Zuckertropfen für die Tiere. Antheren noch geschlossen; Sperrhaare im Kesselhals noch frisch.

III. Die Antheren entleeren sich, die Parastemonen sperren noch.

IV. Die Sperrhaare welken, die pollenbeladenen Dipteren werden entlassen.

Kraus, welcher die Blüte von *Arum italicum* einer eingehenden physiologischen Untersuchung unterworfen hat, stimmt dieser Ansicht von Delpino nicht nur vollständig bei, sondern fügt noch als die Angaben desselben bestätigende und ergänzende Punkte, wie sie seine Untersuchungen ergeben haben, hinzu:

1. Die Wärmeerzeugung ist an das erste und ausschliesslich an das erste, der Anlockung der Gäste gewidmete Stadium geknüpft.
2. Sehr charakteristisch beginnt die Wärme da, wo sie zuerst nützlich sein kann, an der Spitze des Kolbens, auf den die Mücken bekanntlich auffliegen; und sie tritt hier am Kolben am stärksten auf.
3. Die Wärmeentwickelung tritt, wie das Stadium I, nur einmal auf und dauert nur so lange als dieses. Die Kolbenerwärmung ist also eine Bestäubungseinrichtung.

Ferner erfahren wir noch aus der Arbeit von Kraus, auf die ich später nochmals zurückkomme, dass die Blütenentfaltung und damit die Erwärmung in der Regel in der späteren Nachmittags- oder frühen Abendstunde beginnt. Dann tritt ein allmähliches Ansteigen der Wärme ein, welches 3—4 Stunden anhält, so dass in der Regel zwischen 6 und 8½ Uhr abends das Maximum der Erwärmung erreicht wird. In der Nähe des Maximums hält sich die Temperatur etwa 1—2 Stunden, worauf sie wieder allmählich sinkt und meist gegen Morgen erloschen ist. Auch in einer späteren Arbeit über die Blütenwärme der Cycadeen, Palmen und Aroideen hält Kraus (1896) die Erwärmung der Blütenstände für eine Bestäubungseinrichtung und sagt pag. 273: „Und so bin ich denn geneigt, in den vorstehenden Fällen die Erwärmung der Blütenstände, wenn nicht überall und ausschliesslich, so doch jedenfalls in hervorragendem Masse als ein Anlockungsmittel für Tiere in Anspruch zu nehmen.“

Vergleichen wir nun zunächst einmal das Verhalten der Victoria-Blüte mit dem geschilderten Verhalten der Blüte von *Arum italicum*, so finden wir nach verschiedener Richtung hin grosse Ähnlichkeit mit letzterem.

Wie bei *Arum italicum* die Wärmeentwickelung und das Beginnen des Duftens mit dem Aufrollen des Blütenstandes anfängt, so fällt auch bei der Victoria-Blüte der Beginn des Duftens und die Erwärmung zusammen mit dem Anfange des Aufbrechens der Knospe, d. i. mit dem Sichlösen der Kelchblätter. Im weiteren Verlauf der Anthese steigt dann die Temperatur, wie bei Arum, fortwährend, bis die Erwärmung, wie dort, ihren Höhepunkt zwischen 6 und 7 Uhr abends erreicht. Um diese Zeit ist dann die Victoria-Blüte, ebenso wie die Spatha der Arum-Keule, geöffnet und bietet Insekten einen vorzüglichen Unterschlupf

für die Nacht. Bei *Victoria regia* wie bei *Arum italicum* dauert nun die Erwärmung fast so lange, bis die Antheren stäuben; und so lange werden die Insekten sowohl bei Arum wie anscheinend auch bei Victoria in der Blüte festgehalten. Während aber Arum zu letzterem Zwecke gleich eine feststehende Einrichtung in der Form der nach unten gerichteten Sperrhaare besitzt, welche den Insekten wohl den Eintritt, nicht aber den Austritt aus dem Blütenkessel gestattet bis zu dem Stadium der Antherenstäubung, liegen die Verhältnisse bei Victoria derart, dass die Blüte im Laufe der Nacht durch Krümmung der Staminodien, Staubgefässe und Schliesszapfen erst einen Verschluss des Blütenkessels herstellt und dadurch die Insekten eventuell zurückhalten würde. J. E. Planchon bildet dieses Stadium in „Flores des serres" VI ab und erklärt die Figur pag. 218, 7 folgendermassen: „fleur coupée circulairement au niveau de l'insertion des deux rangées internes d'étamines steriles, pour montrer comment ces organes forment sur la coupe stigmatifère, une sorte de voûte qui fait grand obstacle à l'imprégnation". Dass eventuell noch ein anderer Faktor bei der Gefangenhaltung von Tieren mitsprechen kann, werden wir später sehen. Bei Arum findet das Stäuben der Antheren am anderen Morgen statt und gleich danach dann das Welken der Sperrhaare und die Entlassung der Insekten. Dieses Stadium tritt nun bei der Victoria-Blüte erst am nächsten (zweiten) Abend ein. Wie wir gesehen haben, biegen sich um diese Zeit die Blattorgane zurück, so dass jetzt die Insekten aus der Blüte entweichen könnten; zugleich öffnen sich die zurückgeschlagenen Antheren und entlassen den klebrigen Pollen. Die Erwärmung hat jetzt fast ganz nachgelassen. Die herauskriechenden Tiere — die Blüte wird in der Heimat von Käfern besucht — müssen nun ihren Weg über die stäubenden Antheren nehmen und könnten sich mit Pollen beladen, den sie dann nach jüngeren, gerade geöffneten, duftenden und wärmenden Blüten übertragen könnten. Hier würde dann der Pollen bis zur Reife der Narbe liegen bleiben. Es wäre hiermit also die notwendige Befruchtung und zugleich auch Kreuzung bewerkstelligt. Denn wenn wir uns den Bau der Blüte vergegenwärtigen, so müssen wir uns sagen, dass eine Selbstbefruchtung wohl kaum stattfinden kann. Auch Caspary sagt in Engler u. Prantl III, 2, pag. 3: „Victoria und Nuphar können sich nicht selbst befruchten." Die Pollen können nie, auch wenn sich die Staubgefässe nach dem Stäuben wieder heben, in den Blütenkessel und auf die Narbe gelangen, weil stets der dichte Kranz der Schliesszapfen dieses verhindern muss. Wie wir wissen, schliesst sich die Blüte nach dem Stäuben der Antheren wieder und sinkt dann im Laufe des dritten Tages unter Wasser. Es wäre möglich, dass dieses ein Schutz für die befruchtete Narbe und eine Abwehr gegen unnützen Besuch von Tieren wäre.

Vergleichen wir jetzt das Verhalten der Magnolia-Blüte mit dem der Victoria-Blüte, soweit es durch die Untersuchung von Delpino in „Sugli apparecchi della fecodanzione nelle piante autocarpee (Fanerogame)" und in der schon erwähnten Arbeit bekannt ist. F. Hildebrand schreibt in der angeführten Besprechung pag. 593: „Die Blüten der Magnolien, von denen Delpino anfangs nur die *Magnolia Julan* untersuchte, stehen immer ganz vertikal und haben im Anfange die Blumenblätter ihrer Blüte in gleicher Richtung gestellt, so dass ein Insekt, welches in die Blüte eingedrungen, sich vergeblich bemüht, an den glatten inneren Wänden der Blütenblätter emporzukriechen; auch die Geschlechtssäule ist zu kurz, um von ihrer Spitze aus den Insekten das Entkommen zu ermöglichen; dieselben werden also auch hier einige Zeit lang in dem oben zwar offenen, aber zu langen und mit schlüpfrigen Wänden versehenen Kessel gefangen gehalten und vollziehen dabei die Bestäubung. Erst nach einiger Zeit breiten sich darauf die Blütenblätter mehr horizontal aus und eröffnen so den bis dahin gefangenen Insekten den Auszug, welche

mit Pollen bestäubt zu anderen Blüten fliegen und ihn auf den Narben dieser lassen. Am genauesten konnte Delpino später an *Magnolia grandiflora* die Bestäubungsverhältnisse beobachten: die Blüten sind hier zuerst rein weiblich, und ihre Blütenblätter neigen sich zu einem die Insekten gefangen haltenden Dache zusammen. In solchen Blüten fand Delpino mehrfach zwei Arten von Cetonia (*C. aurata* und *C. stricta*), welche ganz mit Pollen bedeckt waren, den sie von anderen Blüten mitgebracht, und den sie auf den Narben der jüngeren Blüten abwischten. Erst später öffnen sich in diesen die Antheren, wenn die bestäubten Narben schon vertrocknet sind: dann werden die Cetonien ganz von Pollen eingehüllt und können endlich, wenn sich durch Umbiegung der Blütenblätter ihr Gefängnis öffnet, davon fliegen und andere junge Blüten besuchen und bestäuben.

Erwähnen will ich ferner noch *Aristolochia Sipho*, welche nach Delpino in ähnlicher Weise wie die Magnolien den Insekten ein unfreiwilliges Gefängnis bietet, indem auch hier die Wände der vertikal gestellten Blütenröhre so glatt sind, dass die Insekten nicht an ihnen hinaufkriechen können; erst nach der Geschlechtsreife der Blüte wird der Ausgang in der Weise ermöglicht, dass die Wände zusammenschrumpfen und so ihre Glätte verlieren.

Delpino stellt nun die Victoria-Blüte zu dem Magnolien-Typus, in der angeführten Schrift: „Sezione quarta: Classificazione degli apparecchi florali zoidiofili secondo i loro diversi tipi", Cl. II, Typ. 5. Er selbst hat die Blüte der *Victoria regia* in ihrer Heimat nicht untersucht, vielmehr beruft er sich bei seinen Vermutungen auf Rob. Schomburgk, D'Orbigny und Thom. Bridge. Nun macht aber Schomburgk in „Reisen in Guiana und am Orinoko während der Jahre 1835—39" pag. 234 nur die Bemerkung: „die Blume wird vielfach von einem kleinen Käfer (*Trichius* spec.?) heimgesucht, der den inneren Teil der Scheibe fast gänzlich zerstört, und von dem wir oft 20—30 in einer Blume zählten". Sonst fand ich weder bei Schomburgk noch anderswo Wesentliches über die Biologie der Victoria-Blüte.

Vergleichen wir aber dieselbe mit dem Verhalten der eben genannten Pflanzen während der Blütezeit, so finden wir allerdings auch hier Ähnlichkeiten, die wir wohl zu gunsten der Zusammenstellung von Victoria und Magnolia anführen könnten.

Wie bei den Magnolien-Blüten den Insekten der Austritt aus der Blüte trotz ihres Offenseins unmöglich gemacht ist, indem sie durch ihre senkrechte Stellung und die Glattheit der Innenwände der Blumenblätter den Tieren das Hinaufkriechen nicht ermöglichen, so wird auch bei Victoria, selbst wenn der Blütenkessel sich zu einer Zeit schliessen würde (am zweiten Morgen), wo die Insekten ihn schon wieder hätten verlassen können, den Tieren durch die überhängenden Blattorgane der Blüte, hier speziell der Schliesszapfen und Anhängsel, dieser Austritt sehr erschwert, wenn nicht unmöglich gemacht, zumal da auch hier die Wände des von den Staubgefässen und Schliesszapfen gebildeten Kanals, wie auch die Anhängsel, sehr glatt sind. Erst am zweiten Abend, zur Zeit, wo die Staubgefässe stäuben, verschwinden diese Hindernisse, indem einmal die den Kanal bildenden Blattorgane sich vollständig zurücklegen, wie die Blumenblätter der Magnolien-Blüte, und ferner die Glattheit der Anhängsel und Schliesszapfen jetzt verschwunden ist, vielmehr diese Organe durch den teilweisen Schwund des während der Erwärmung verbrauchten Zellinhalts mehr oder weniger stark geschrumpft erscheinen, analog der Wandung der Blütenröhre bei *Aristolochia Sipho*.

Die Hauptmomente des Blühens der *Victoria regia*-Blüte würden also, kurz zusammengestellt, folgende sein:

1. Die Blume blüht Abends zwischen 6 und 8 Uhr auf, duftet stark und erzeugt grosse Wärmemengen. Durch Duft und Wärme angelockt könnten Insekten veranlasst werden, sich in das Innere der Blüte zu begeben. Der Weg dorthin würde ihnen durch die von dem reinen Weiss der Blumenblätter stark abstechende rote Farbe der den weit offenen Kanal bildenden Staubgefässe und Schliesszapfen gezeigt werden können.

2. Die Blüte schliesst durch Krümmung der Staubgefässe und Schliesszapfen den Kanal. Hierdurch und durch die Glätte der Wandung würde den Insekten der Austritt bis zur Reife der männlichen Geschlechtsorgane verwehrt werden.

3. Die Blüte öffnet sich wieder; die zurückgeschlagenen Staubgefässe stäuben; die Anhängsel sind zusammengeschrumpft, und Insekten (Käfer) könnten den Kerker verlassen und mit Pollen beladen jüngere zur selben Zeit im ersten Stadium sich befindende Blüten besuchen. Alle Blütenteile sind rot; die Wärme ist verschwunden.

4. Die befruchtete Blüte schliesst sich wieder und sinkt ins Wasser.

Alle diese auf Insektenbestäubung hinzielenden Betrachtungen sind natürlich nur hypothetisch so lange, bis in der Heimat der Victoria gemachte Untersuchungen uns darüber nähere Aufklärung bringen, ob die hier ausgesprochenen Vermutungen das Rechte getroffen haben.

C. Die Erwärmung der Blüte von Victoria regia vom physiologischen Standpunkt aus betrachtet.

I. Allgemeines.

Nachdem, wie bekannt, Lamarck 1777 an dem Kolben von *Arum maculatum* zuerst die Selbsterwärmung der Pflanzen entdeckte, sind zahlreiche und ausführliche Arbeiten über diese anfangs so angestaunte und rätselhafte Erscheinung veröffentlicht. Speziell wurden die Aroideen vielfach höchst eingehenden Untersuchungen unterzogen, die ihren vorläufigen Abschluss mit den Veröffentlichungen der Arbeiten von Gregor Kraus, 1886 und 1896, gefunden haben. Die Arbeiten, von denen die wichtigsten die von Lammarck, 1778, Hubert, 1804, Th. de Saussure, 1822, Vrolick u. de Vries, 1836/40, Senebier, Beek u. Bergsma, 1838, Dutrochet, 1840, Brogniart, 1843, Garreau, 1851, Hoppe, 1879/81 und Kraus, 1886/96, sind, beziehen sich teils auf die nackte Thatsache der Erwärmung und den Zeitpunkt des Eintretens derselben, teils suchen sie die Ursache derselben zu ergründen und sie in Beziehung zur Atmungslehre zu bringen. Denn dass die Erwärmung nur eine energische Atmung der Pflanze ist, bei welcher Sauerstoff verbraucht und Kohlensäure ausgehaucht wird, finden wir schon in den ersten Angaben von Hubert, de Saussure und anderen. Teils schliesslich gehen diese Arbeiten näher auf die stofflichen und inneren morphologischen Veränderungen der Pflanze während der Erwärmungszeit ein (Kraus). Von Autoren, welche die Erwärmung anderer Pflanzen behandelt haben, sind zu erwähnen: De Saussure (a. a. O.), der mit Hülfe des Thermoskopes in den Blüten zahlreicher Pflanzen der Gattungen Cucurbita, Bignonia und Polianthes Selbsterwärmung fand; C. H. Schulz, 1828, der diese Erwärmung für *Cactus grandiflorus* und

Pancratium maritimum, DE VRIES (a. a. O.), der sie für *Cycas circinalis* nachwies, und viele andere, bis in die neueste Zeit hinein, wo KRAUS die Wärmebildung in den Blüten und Blütenständen verschiedener Palmen und Cycadeen eingehend beschreibt. Bemerkenswert ist, dass als Hauptsitz der Blütenerwärmung häufig die Sexualorgane, und zwar besonders die männlichen, bezeichnet werden.

II. Caspary's Untersuchungen über die Wärmeentwickelung der Blüte der Victoria regia.

Die bedeutende Blütenerwärmung der *Victoria regia* wurde schon von Prof. LEHMANN, 1852, und Prof. KLOTSCH erwähnt, aber nach diesen nur von CASPARY, 1854 und 1855, in seiner Abhandlung: „Über Wärmeentwickelung in den Blüten der *Victoria regia*" einer genauen Untersuchung unterworfen.

CASPARY bediente sich zur Ausführung seiner Wärmemessungen Thermometer nach Réaumur mit $^1/_5{}^0$-Einteilung. Um die Temperatur in der Knospe schon vor dem Aufblühen messen zu können, bohrte er mit Hülfe eines Messingrohres ein Loch durch die Kelch- und Blumenblätter und führte durch dasselbe ein Thermometer in das Innere der Knospe. Sobald diese sich aber öffnete, schob er das Thermometer zwischen die Antheren und senkte zugleich ein zweites durch die von den Staubgefässen und Schliesszapfen gelassene Öffnung in den Blütenkessel auf das Germen. Seine Resultate giebt er in der zweiten Arbeit in vier Tabellen und vier Tafeln mit graphischer Darstellung wieder. Eine seiner Tabellen und Tafeln — die der fünften Blüte — füge ich des Vergleichs wegen, in Celsiusgrade umgerechnet und nach Zeiteinheiten in die Tafel eingetragen, meinen Tabellen und Tafeln bei (Curventafel I).

Die Schlüsse, die CASPARY dann aus seinen Beobachtungen zieht, fasst er (IV pag. 748—752) in folgende neun Sätze zusammen:

1. Schon vor Öffnung hat die Blüte der *Victoria regia*, besonders in den Antheren, eine erhöhte Temperatur.

2. Die Temperatur der Blüte sinkt etwa eine Stunde nach ihrer Öffnung zu einem kleinen Minimum hinab. Die Temperaturerniedrigung beträgt dabei nur 0,4—1,3° R. (= 0,5—1,6° C.).

3. Nach dem kleinen Minimum steigt die Wärme der Blüte zu einem Maximum an, welches oft in völliger Dunkelheit 1—4 Stunden nach dem Aufbruch der Knospe, sowohl bei sinkender als steigender Wasser- und Lufttemperatur eintritt und sich dadurch als selbständiger erweist, obgleich eine plötzliche Erniedrigung der Lufttemperatur nicht ohne Einfluss auf dasselbe ist. Das Maximum übertrifft die Lufttemperatur um 6,45—11,1° R. (8,05—13,85° C.) und die des Wassers um 0,55—4,64° R. (0,7—5,8° C.).

4. Auf das selbständige Maximum folgt der unselbständigere zweite Teil der Periode der Blütenwärme, welcher von der Temperatur der Luft abhängig ist und wie diese regelmässiger Weise täglich gegen Sonnenaufgang ein Minimum und kurz nach der Mittagszeit ein Maximum erreicht. Der zweite, unselbständige Teil der Periode der Blütenwärme hat also zwei Minima und zwei Maxima. (Gegen Eintritt dieses letzten Maximums hat sich die Blüte geschlossen und sinkt unter Wasser, pag. 731).

5. Die Wärmeerhöhung zeigt sich in den Antheren, den Filamenten, Staminodien, Petalen und dem Germen.

6. Die bedeutendste Wärmeerhöhung findet in den Antheren statt, welche die des Wassers im Maximum um 2,9—5,95° R. (3,6—7,4° C.), die der Luft im Maximum um 8,66—12,2° R. (10,8—15,2° C.)

[letzteres den 2. November 1855, 10 Uhr vorm.] übertrifft. Die Filamente zeigen sich immer etwas kälter als die Antheren.

7. Im Germen, dessen Wärmeerhöhung nur durch Auflegen des Thermometers auf die stigmatische Scheibe bestimmt werden konnte, ist die Temperatur geringer als in den Antheren, im Maximum 0,4—2,3° R. (0,5—2,87° C.) über der des Wassers und 3,0—8,1° R. (3,7—11,2° C.) über der der Luft.

8. In den Petalen und Staminodien ist die Wärmeerhöhung noch geringer als im Germen, im Maximum 1,2° R. (1,5° C.) über der Temperatur des Wassers und 2,8° R. (3,5° C.) über der der Luft.

9. Die Temperatur des Germen ist, obgleich fast immer geringer als die der Antheren, am dritten Tage zur Zeit der Senkung der Blüte gewöhnlich etwas höher, um 0,8—1,1° R. (1,0—1,35° C.), als die der Antheren.

Caspary bespricht dann die Ursachen der Erwärmung und kommt an Hand der Untersuchungen von de Saussure, Vrolick u. de Vries und Garreau (a. a. O.) zu dem Ergebnisse, dass auch bei der *Victoria regia*-Blüte die Erwärmung in der Aufnahme von Sauerstoff zu suchen ist, also in einer energischen Atmung. Und er sagt dann weiter, pag. 753, mit Bezug auf das Abhängigkeitsverhältnis derselben von der Temperatur der Luft: „dass die Ursache des Parallelismus des unselbständigen Teils der Wärmeperiode der Blüte mit der Periode der Luft darin bestehe, dass der chemische Prozess der Aufnahme von Sauerstoff und Bildung von Kohlensäure lebhafter bei höherer Lufttemperatur und schwächer bei tieferer von statten gehe, so dass die im Verhältnis seiner Lebhaftigkeit durch ihn erzeugte Wärme dem Gange der Lufttemperatur entspricht". Und weiter: „Das kleine Minimum scheint zwei Ursachen zu haben, indem einmal die Blütenteile nach Öffnung der Knospe durch Berührung mit der kälteren Luft abgekühlt werden, und zugleich auch die Verdunstung an ihrer Oberfläche eintritt, die bis dahin in der Knospe nicht stattfinden konnte, wodurch ihre Temperatur notwendig erniedrigt werden muss."

Bevor ich in die Besprechung der Caspary'schen Resultate und meiner eigenen Versuche eingehe, will ich bemerken, dass ich die Temperaturmessungen ebenfalls mit Thermometern vorgenommen habe. Es standen mir zur Verfügung fünf fast gleichgehende Instrumente nach Celsius, teils in $^1/_{10}{}^0$, teils in $^1/_5{}^0$ geteilt, und ferner ein Normalthermometer. Ein Vergleich zwischen diesem und den fünf übrigen Thermometern hatte gezeigt, dass die Differenz zwischen ihnen so gering war ($^1/_{10}{}^0$ und noch weniger), dass ich dieselbe ausser Acht lassen konnte. Bei der Prüfung der Victoria-Blüte auf Erwärmung vor dem Aufblühen verfuhr ich in ähnlicher Weise wie Caspary, indem ich durch die Kelch- und äusseren Blumenblätter ein Loch bohrte, und durch dieses ein Thermometer so in das Innere einführte, dass das Quecksilbergefäss gerade in den von den Schliesszapfen und Staubgefässen gebildeten Kanal frei hineinhing.

Wie Caspary fand ich auf diese Weise vor dem Öffnen der Blüte eine Temperaturerhöhung; während aber Caspary nur 1 $^1/_2$ Stunden vor dem Aufbrechen der Knospe dieselbe untersucht hatte, konnte ich schon 9 Stunden vor dem Aufblühen Erwärmung der Blüte feststellen.

Die Angaben Caspary's, dass sich die Antheren (Punkt 1 und 6) am stärksten von allen Blütenteilen erwärmten, beruht wohl auf ungenauer Untersuchung. Wie ich oben angegeben, hat Caspary seine Temperaturmessungen stets an der ganzen Blüte vorgenommen. Da ist es natürlich schwer, mit Hülfe eines Thermometers festzustellen, welcher Teil der Blüte der Hauptsitz der Erwärmung ist; denn es ist klar, dass die von irgend einem Teile der Blüte erzeugte Wärme sich dem ganzen Blüteninnern mitteilen

muss, zumal dieser Raum mehr oder weniger geschlossen ist, und ferner ist naturgemäss auch infolge der Luftströmung die Temperatur zwischen den Antheren höher, als die eines anderen, tiefer gelegenen Teiles der Blüte, höher also auch als die der Filamente. Ich fand, wie die späteren Mitteilungen zeigen werden, die grösste Erwärmung in den Anhängseln — die Caspary anscheinend vollständig übersehen hat —; allerdings beobachtete ich auch für die Staubgefässe eine bedeutende Erwärmung. Ebenso wenig konnte ich natürlich bei der Untersuchung einer ganzen Blüte feststellen, welcher Teil der Blüte zuerst wärmte. Erst später wurde mir klar, dass wahrscheinlich die Anhängsel sich vorzugsweise an der ersten Erwärmung beteiligen, als ich nämlich fand, dass diese der alleinige Sitz des Blütenduftes sind und dass der Duft gleich mit der Erwärmung auftritt.

Nach dem eben Gesagten ist auch erklärlich, dass Caspary eine bedeutende Erwärmung des Germen gefunden hat (Punkt 7), welche er durch einfaches Auflegen des Thermometers auf dasselbe gemessen hat. Ich fand bei meinen Versuchen, als ich die Einzelorgane der Blüte auf ihre Erwärmung prüfte, bei dem Fruchtknoten nur eine Temperaturerhöhung von $^1/_2{}^0$ C. über der Temperatur der Luft. Ob am dritten Tage, oder in der Nacht vom zweiten zum dritten Tage, wo die Narbe wahrscheinlich empfängnisfähig ist, die Temperatur des Germen die der Antheren übertrifft, habe ich noch nicht untersucht.

Ebenso wenig wird wohl auch die von Caspary (Punkt 8) bei den Blumenblättern gefundene Wärmemenge, 3,5 ° C., allein von Eigenwärme derselben herrühren, sondern wahrscheinlich auch teilweise durch die warme Luftströmung bedingt sein, welche von dem Staminalkranz und den Anhängseln herstammte. Jedenfalls fand ich bei den Blumenblättern nur eine Temperaturerhöhung von 1 ° C. über der Temperatur der sie umgebenden Luft.

Was schliesslich die Erwärmung der Staminodien (Punkt 8) anbetrifft, so habe ich auf dieselben keine besondere Rücksicht genommen, sondern stets Staubgefässe und Staminodien auch bei den Einzelversuchen zusammen untersucht. Nur in einem Falle habe ich die Temperaturerhöhung der direkt über den Anhängseln sitzenden Schliesszapfen (inneren Staminodien) für sich gemessen und dabei eine gleiche Temperaturerhöhung gefunden wie bei den Staubgefässen und äusseren Staminodien desselben Versuches zusammen. Aus den anatomischen Untersuchungen aber geht hervor, dass von den Staminodien und Staubgefässen die Antheren der Hauptsitz der Wärmeerzeugung sein können, da die Zellen derselben ebenso wie die der Schliesszapfen und Anhängsel mit grossen Mengen Stärke gefüllt sind; die Staminodien und Filamente dagegen enthalten nur geringe Spuren dieser Substanz.

Den eigentlichen Verlauf der Blütenerwärmung teilt nun Caspary in zwei Perioden (Punkt 3 und 4) ein, von denen die erste „selbständige“ bis zur Erreichung des Temperatur-Maximums läuft, die zweite „unselbständige“ von hier bis zum Schluss der Erwärmung. Ausserdem spricht er noch von regelmässig auftretenden „Minima“ und „Maxima“ der Blütenwärme, und zwar giebt er der ersten Periode ein sogenanntes kleines Minimum und ein Maximum, der zweiten aber zwei Minima und zwei Maxima. Durch letztere will Caspary jedenfalls ausdrücken, dass er bei der Blütenwärme der Victoria ebenfalls eine tägliche Periodizität, also ein tägliches periodisches Steigen und Fallen der Erwärmung gefunden hat, wie sie für viele andere Pflanzen, Aroideen, Cycadeen etc., von den genannten Forschern angegeben wird. Doch ist dies aus seinen Angaben nicht ganz ersichtlich, zumal bei seinen Untersuchungen Temperaturschwankungen bis zu 8 ° R. vorgekommen sind.

Caspary's Beobachtung der fünften Blüte, nach Celsius-Graden umgerechnet.

Zeit	Temperatur der Blüte	Temperatur der Luft	Differenz zwischen beiden	Zeit	Temperatur der Blüte	Temperatur der Luft	Differenz zwischen beiden
4^{45} nachm.	27,4	22,9	4,5	8 morgens	27,8	19,6	8,2
5 „	27,7	22,5	5,2	8^{30} „	29,1	21,2	7,9
5^{30} „	27,5	22,3	5,2	9 „	30,5	22,3	8,2
5^{45} „	27,4	21,7	5,7	9^{15} „	30,7	22,8	7,9
6 abends	27,3	21,2	6,1	9^{30} „	31,0	22,8	8,2
6^{30} „	27,4	21,0	6,4	9^{45} „	31,2	23,0	8,2
6^{45} „	27,8	21,0	6,8	10 „	31,5	23,3	8,2
7 „	27,9	19,9	8,0	10^{15} „	31,6	23,7	7,9
7^{15} „	27,9	18,5	9,4	10^{30} „	31,7	24,1	7,6
7^{30} „	28,7	19,6	9,1	10^{45} „	32,0	24,7	7,3
7^{45} „	28,9	19,5	9,4	11 „	32,1	25,6	6,5
8 „	29,3	19,5	9,8	11^{15} „	32,3	26,0	6,3
8^{15} „	29,8	19,5	10,3	11^{30} „	32,7	26,2	6,5
8^{30} „	30,0	19,5	10,5	11^{45} „	33,0	26,4	6,6
8^{45} „	30,0	17,8	12,2	12 mittags	33,2	27,0	6,2
9 „	30,0	18,7	11,3	12^{15} „	33,5	27,9	5,6
9^{15} „	30,0	19,0	11,0	12^{30} „	34,0	28,3	5,7
9^{30} „	29,8	19,1	10,7	12^{45} „	34,1	28,7	5,4
10 „	29,7	19,2	10,5	1 nachm.	34,2	28,4	5,8
10^{30} „	29,3	19,2	10,1	1^{15} „	34,1	28,0	6,1
11 „	29,0	19,0	10,0	1^{30} „	33,8	27,6	6,2
12 „	27,9	18,2	9,7	2 „	33,5	26,8	6,7
1 morgens	27,2	18,1	9,1	3 „	32,8	26,0	6,8
2 „	26,7	17,8	8,9	4 „	31,2	24,9	6,3
3 „	25,9	17,2	8,7	5 „	29,7	23,4	6,3
4 „	25,5	17,0	8,5	6^{15} abends	27,7	22,5	5,2
5 „	25,2	16,8	8,4	7 „	27,2	22,1	5,1
6 „	25,3	17,1	8,2	8 „	25,2	21,0	4,2
7 „	25,8	17,3	8,5				

Betrachten wir z. B. die von mir in Celsius-Grade umgerechnete Tabelle 5 von Caspary (siehe pag. 28) und die entsprechende von mir nach Zeiteinheiten umgearbeitete Curventafel I (Curve I) und vergleichen dann die Temperatur der Blüte mit der Temperatur der sie umgebenden Luft; so finden wir folgendes: das erste sogenannte „kleine Minimum", welches direkt nach dem Aufbrechen der Knospe um 6 Uhr eintreten soll, ist in diesem Falle eigentlich gar kein Minimum, da ja die Differenz zwischen Blüten- und Lufttemperatur, trotzdem letztere fortwährend fällt, stetig steigt, also das Sinken der thatsächlichen Blütentemperatur von 27,4 auf 27,3° durch ein noch stärkeres Fallen der Lufttemperatur, von 21,7 auf 21,2°, bedingt ist. Aber auch da, wo Caspary wirklich ein Minimum gefunden hat, wie z. B. in seiner sechsten Blüte, wo die Differenz nach dem Aufblühen um 0,1° R. sinkt, ist es nicht recht verständlich, warum er dieses schwache Sinken der Blütentemperatur als eine besondere, konstante Erscheinung hervorhebt, da er doch selbst als Grund hierfür einmal den durch das plötzliche Öffnen der Knospe bedingten Temperatur-Austausch, und dann die dadurch jetzt mögliche Verdunstung der Oberfläche der Blütenteile angiebt. Ausserdem finden wir bei allen Caspary'schen Beobachtungen zur Zeit des Aufbrechens der Knospe stets ein Sinken der Lufttemperatur, was natürlich grossen Einfluss auf die Blütentemperatur ausüben muss.

Im weiteren Verlauf der Erwärmungscurve finden wir als erstes Maximum das normale Erwärmungsmaximum der Blüte, welches hier etwas herabgedrückt ist, weil die Lufttemperatur im Fallen begriffen ist. Jetzt kommt dann das zweite Minimum, um 5 Uhr morgens, welches, wie die Tafel lehrt, genau mit einem Temperatur-Minimum der Luft zusammenfällt. — Übrigens hat Caspary in seiner ersten Abhandlung (Bomplandia) dieses Minimum als das „erste" bezeichnet, wohl auch mit Recht, wie wir noch sehen werden. — Nach diesem Minimum steigt dann die Curve wieder, bis sie mittags um 1 Uhr ihr zweites Maximum erreicht; die Blütentemperatur ist also in diesen acht Stunden um 9° C. gestiegen. Die Frage, ob sie diese Höhe erreicht hätte, wenn die Lufttemperatur während dieser Zeit nicht ebenfalls gestiegen wäre, und zwar um 11,75° C., ist wohl mit Recht zu verneinen.

Dieselben Verhältnisse liegen auch bei dem dritten Minimum und Maximum vor.

Caspary hat also, wie wir sehen, nur nach der Blütentemperatur seine Minima und Maxima bezeichnet, ohne auf die Differenz Rücksicht zu nehmen, die zwischen dieser Temperatur und der Temperatur der Luft herrscht. Und doch müssen meiner Ansicht nach gerade nach der Höhe dieser Differenz die Maxima und Minima berechnet werden, ohne dass dabei natürlich grössere plötzliche Temperaturschwankungen der Luft berücksichtigt werden dürfen. Betrachten wir von diesem Standpunkt aus diese Tabelle und Curve der fünften Blüte, und beachten dabei, dass die Einwirkung des Steigens und Fallens der Lufttemperatur auf die Blütentemperatur nicht eine momentane sein kann, wie ich noch näher zeigen werde, so finden wir, dass die Temperaturdifferenz, mithin die thatsächliche Selbsterwärmung der Blüte, nach Erreichung des ersten Maximums 8^{45} Uhr abends ununterbrochen geringer wird, sich also in diesem Falle weder um 5 Uhr morgens ein Minimum, noch um 1 Uhr mittags ein zweites Maximum mit Sicherheit feststellen lässt. Thatsächliche Minima und Maxima zeigt uns dagegen Caspary's Tabelle der sechsten Blüte (pag. 726 a. a. O.), wenn dieselben auch nicht zu den angegebenen Zeitpunkten liegen. So finden wir das erste Maximum bei dieser Blüte von 8^{30} bis 8^{40} Uhr abends, das dann folgende Minimum um 2 Uhr nachts und das zweite Maximum nicht um 1 Uhr mittags, sondern um 10^{30} Uhr vormittags, also ungefähr zur selben Zeit, wo ich es bei meinen späteren Versuchen auch gefunden habe.

Ferner unterscheidet Caspary den Teil des Verlaufs der Blütenwärme, der hinter dem ersten Maximum liegt, als „unselbständig“ von dem ersten „selbständigen“ Teil; warum? ist mir nicht klar geworden; denn meiner Meinung nach sind beide Teile gleich selbständig, insofern eine Erwärmung überhaupt vorhanden, und gleich unselbständig, insofern sie von der Temperatur der Luft abhängig sind. Wohl kann Caspary beim Vergleich mit dem ersten Teil mit Recht von einem zweiten „unselbständigeren“ Teil sprechen, wenn er damit sagen will, dass dieser Teil mehr dem Einfluss der Schwankungen in der Lufttemperatur unterworfen ist, als der erste. Aber dann kann er diesen Ausdruck nicht anwenden auf den Gang der Erwärmung in der Blüte selbst, denn diese bleibt, bis sie erloschen ist, selbständig.

III. Meine Untersuchungen über die Wärmeentwickelung der Blüten von Victoria regia.

Zu den folgenden Versuchen muss ich bemerken, dass ich leider nur einmal Gelegenheit hatte, Beobachtungen an einer im Victoria-Haus befindlichen intakten Blüte zu machen, da spätere Beobachtungen durch das ungünstige Wetter des Sommers 1896 verhindert wurden; während die Zahl der in früheren Jahren im hiesigen Gewächshaus zur Entfaltung gelangten Blüten 12—15 betrug, erreichte sie in diesem Jahre nur etwa die Hälfte.

Ich begann die Beobachtung der ersten Blüte, als sich dieselbe noch im Knospenzustande befand, und verfuhr dabei in der schon angegebenen Weise. Zur Messung der Lufttemperatur hatte ich ein zweites Thermometer in gleicher Höhe neben die Knospe gehängt. Infolge der nicht zu vermeidenden Luftströmung im Haus war die Temperatur sehr starken Schwankungen unterworfen, durch die die Genauigkeit der Beobachtung etwas leiden musste.

Das Resultat dieser ersten Beobachtung habe ich in der nebenstehenden Tabelle und in der Curventafel II wiedergegeben. Über den Verlauf der Erwärmung orientieren wir uns am besten an Hand der letzteren.

Schon etwa neun Stunden vor dem Aufblühen der Knospe, bei Beginn der Beobachtung, fand ich in der Knospe eine Wärme von 24,2° C., welche die Temperatur der sie umgebenden Luft um 1,2° C. übertraf. Von ganz geringen Schwankungen abgesehen steigt nun von diesem Zeitpunkt an die Wärme der Blüte unausgesetzt, bis sie um 7^{15} Uhr abends mit einer Temperaturdifferenz von 10,2° C. ihren Höhepunkt erreicht.

Dass die Schwankungen in dem ersten Teil der Erwärmungscurve lediglich eine Folge des Einflusses der Lufttemperatur sind, geht aus dem Verlaufe der beiden Curven deutlich hervor. So steigt z. B. um 2 Uhr mittags die Lufttemperatur infolge des eintretenden Sonnenscheins innerhalb der nächsten 25 Minuten um 3,4° C., um in den folgenden 50 Minuten wieder auf die ursprüngliche zurückzusinken. Betrachten wir uns die Blütencurve während dieser Zeit, so sehen wir, dass dieselbe einen der Luftcurve ganz entsprechenden Verlauf nimmt. Nur verschiebt sich die Steigung der Curve der Blüte zeitlich etwas, indem sie etwa eine halbe Stunde der Luftcurve nachkommt. Auch erreicht sie nicht die volle Höhe der Luftcurve. Die Erklärung hierfür ist leicht gegeben. In der Knospe haben wir einen geschlossenen Raum vor uns, der gegen den Einfluss der Lufttemperatur stark durch die Kelch- und zahlreichen Blumenblätter geschützt wird. Tritt also eine starke Erhöhung der Lufttemperatur ein, so braucht die

Beobachtung der Blütenwärme der Victoria regia an einer intakten Blüte im Victoria-Haus am 16. Juli 1896.

Zeit	Temperatur der Blüte	Temperatur der Luft	Differenz zwischen beiden	Bemerkungen
9 vorm.	24,3	23,3	1,0	Das Wetter war trübe und regnerisch.
9^{35} „	24,2	23,0	1,2	
9^{45} „	23,4	21,4	2,0	
10^{10} „	23,6	21,8	1,8	
10^{40} „	24,6	23,0	1,6	Das die Blütentemperatur anzeigende Thermometer sinkt momentan um 0,6°, wenn ich dasselbe auf die Narbe herabsenke.
10^{46} „	24,8	23,6	1,2	
11 „	25,6	22,8	2,8	
11^{15} „	26,2	22,8	3,4	
11^{35} „	26,8	23,0	3,8	Knospe beginnt zu duften.
11^{45} „	27,0	22,4	4,6	
12 mittags	27,0	22,4	4,6	Knospe befindet sich 15 cm über Wasser.
12^{15} „	27,2	23,0	4,2	
12^{30} „	27,4	23,6	3,8	
12^{35} „	27,6	23,8	3,8	
12^{40} „	27,9	24,3	3,6	Das Wetter hellt sich auf.
12^{45} „	28,0	24,5	3,5	
1^{35} nachm.	30,2	25,0	5,2	
2 „	30,5	25,2	5,3	Sonne.
2^{25} „	31,0	28,0	3,0	Dem Wasserbassin wird während der folgenden Stunde Wasser zugeführt.
2^{35} „	31,6	28,0	3,6	
2^{38} „	31,8	27,4	4,4	Knospe jetzt 19 cm über Wasser. Das Thermometer, welches während der letzten Stunden durch das Heben der Knospe bis auf die Narbe gesenkt war, wird wieder zwischen die Schliesszapfen gehoben.
2^{50} „	33,2	26,2	7,0	
3 „	32,8	25,8	7,0	
3^{10} „	32,4	25,2	7,2	Himmel trübe.
3^{15} „	32,4	25,0	7,4	
3^{25} „	32,2	26,0	6,2	
3^{30} „	32,2	26,6	5,6	
3^{40} „	32,6	27,2	5,4	
3^{50} „	32,9	27,6	5,3	Sonnenschein.
4 „	33,2	28,0	5,2	
4^{15} „	33,9	27,0	6,9	
4^{30} „	34,2	27,2	7,0	
4^{35} „	34,2	27,0	7,2	Regen
4^{45} „	34,4	27,4	7,0	

Zeit	Temperatur der Blüte	Temperatur der Luft	Differenz zwischen beiden	Bemerkungen
5 nachm.	34,6	27,4	7,2	Sonne.
5^{15} „	34,6	27,0	7,6	
5^{30} „	34,8	26,9	7,9	Thür des Victoria-Hauses nach draussen geöffnet.
5^{45} „	34,7	26,6	8,1	
6 abends	34,4	26,4	8,0	Für die Nacht wird etwas geheizt.
6^{15} „	34,2	25,3	8,9	
6^{30} „	34,0	24,4	9,6	Die Kelchblätter beginnen sich zu lösen.
6^{45} „	33,8	24,2	9,6	Knospe jetzt 20 cm über Wasser.
7 „	33,6	23,8	9,8	Kelch und äussere Blumenblätter sind offen.
7^{15} „	33,4	23,2	10,2	Maximum.
7^{30} „	33,0	23,2	9,8	Die Staubgefässe und Schliesszapfen stehen aufrecht. Kanal
7^{40} „	33,0	23,0	10,0	weit.
7^{45} „	32,8	23,2	9,6	
8 „	32,6	23,0	9,6	
8^{15} „	32,6	22,6	10,0	
8^{30} „	32,4	22,4	10,0	
9^{35} „	30,3	21,4	8,9	
9^{45} „	29,8	21,4	8,4	
10 „	29,2	21,0	8,2	
10^{15} „	29,3	21,2	8,1	
10^{45} „	28,6	21,4	7,2	Thermometer auf die Narbe gesenkt.
11 „	28,6	20,8	7,8	Thermometer wieder in Höhe der Schliesszapfen.
11^{30} „	28,6	20,6	8,0	
17. Juli 1896				
8^{30} vorm.	30,5	23,2	7,3	Blüte ganz offen, Kelch- und äussere Blumenblätter nach
8^{45} „	30,2	23,2	7,0	unten geschlagen. Staubgefässe und Schliesszapfen etwas
10 „	30,9	23,2	7,7	zusammengeneigt. Geruch schwach.
11 „	31,0	22,4	8,6	Staubgefässe und Schliesszapfen fest zusammenschliessend
12 mittags	31,2	21,6	9,6	und das Thermometer frei haltend. Wetter regnerisch.
1 nachm.	31,8	22,6	9,2	Blumenblätter beginnen sich zu röten.
2^{15} „	31,6	23,5	8,1	
3^{15} „	31,0	24,4	6,6	
3^{45} „	30,6	24,4	6,2	
4 „	30,6	24,4	6,2	Blüte ganz offen, Blätter alle rot, Staminodien, Staubgefässe fest nach innen zusammengedrückt.

Durchwärmung der Knospe eine gewisse Zeit, und wenn diese eingetreten ist, wird die Temperatur in der Knospe naturgemäss nicht die Steigerung der Lufttemperatur erreichen, weil die Lufttemperatur dann meist schon wieder im Fallen begriffen ist. Aus diesem Grunde üben auch geringere Differenzen in der Lufttemperatur auf die Höhe der Temperatur in der Knospe, wie wir sehen, keinen oder doch nur einen sehr geringen Einfluss aus, z. B. die Temperaturschwankungen der Luft zwischen 10 und 11 Uhr morgens oder 4 und 5 Uhr nachmittags. Als aber um 5^{30} Uhr durch Öffnen der Gewächshausthür die Lufttemperatur sehr stark und dauernd fiel, musste diese Temperaturerniedrigung auch auf die Blütentemperatur einwirken. Wir sehen daher ein Fallen der Temperaturcurve auf der Tafel. Dass dieses Sinken aber mit der eigentlichen Blütenwärme nichts zu thun hat, diese vielmehr noch in stetigem Zunehmen begriffen ist, erkennt man leicht aus der Differenz zwischen der Blüten- und Lufttemperatur. Denn wie die Tabelle zeigt, liegt das Maximum der Temperaturdifferenz, und damit auch das Maximum der Eigenwärme der Blüte, mit 10,2° C. um 7^{15} Uhr abends. Von diesem Zeitpunkt an tritt nun ein wirkliches Fallen der Erwärmungstemperatur ein, welches in den ersten Stunden noch sehr gering ist, dann aber an Schnelligkeit zunimmt und bis 12 Uhr nachts, wo ich die Beobachtung unterbrochen habe, angehalten hat. Doch übertrifft die Blütenwärme die Temperatur der Aussenluft immer noch um 8° C.

Als ich am anderen Morgen um 8 Uhr die Beobachtung wieder aufnahm, zeigten zwar Blüten- und Lufttemperatur höhere Grade an, als in der vergangenen Nacht, aber die Differenz zwischen beiden war doch etwas geringer geworden, 7,3° C., und nahm auch bis 8^{45} Uhr noch weiter ab. Nach dieser Beobachtung müsste also hier das erste Minimum liegen, denn von jetzt an tritt eine Steigerung der Blütentemperatur ein, trotzdem die Lufttemperatur fällt. Doch ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass dieses Minimum auch schon etwas früher gefallen ist. Die Steigung der Blütencurve hält nun, wie wir sehen, bis 12 Uhr mittags an, wo sie mit 31,2° C. ihr zweites Maximum erreicht; die Lufttemperatur um 9,6° C. übertreffend. Dann sinkt die Temperatur langsam. Um 5 Uhr nachmittags unterbrach ich die Beobachtung, die Blütentemperatur übertraf jetzt die Lufttemperatur noch um 5,6° C.

Die Ursache des zweiten, auf 12 Uhr mittags fallenden Maximums könnte wohl der Hauptsache nach in einer periodischen Steigerung der Eigenwärme zu suchen sein, doch kann ich dieses aus dem beschriebenen Versuche nicht mit Sicherheit erschliessen, weil gerade in der Zeit dieser Steigerung die Schliesszapfen sich fest gegen das Thermometer gelegt hatten, dadurch einmal das Quecksilbergefäss direkter erwärmten und dann auch einen dichteren Verschluss herstellten, infolge dessen der Austausch der warmen Luft im Blütenkessel mit der Luft des Gewächshauses sehr erschwert wurde. Wie wir später sehen werden, ist daran nicht zu zweifeln, dass ein zweites, kleineres Maximum der Eigenwärme existiert; denn Versuche mit isolierten Blütenteilen ergaben das Vorhandensein einer zweiten Wärmeperiode am zweiten Tage des Blühens.

Alle nun folgende Versuche machte ich nämlich an abgeschnittenen Blüten. Zweck derselben war, mich über den Verlauf der Erwärmung der einzelnen Blütenglieder zu orientieren und das Verhältnis der Erwärmung derselben zur Erwärmung der ganzen Blüte zu untersuchen.

Nach den Erfahrungen, die frühere Forscher, wie z. B. Erikson („Über Wärmebildung durch intramolekulare Atmung der Pflanzen“) mit abgeschnittenen Pflanzen, und besonders Kraus mit abgeschnittenen Arum-Keulen gemacht hatten, lag für mich die Annahme nahe, dass auch bei der Victoria-Blüte einzelne herausgeschnittene Teile den ihnen in der ganzen Blüte eigenen Wärmeverlauf auch in

diesem abgeschnittenen Zustande ohne allzugrosse Störung oder Beeinflussung durchmachen würden, zumal ja nach Pfeffer II, 1896, die Wundflächen der Pflanzen sehr unbedeutend wärmen.

Meine Beobachtungen machte ich in folgender Weise: Wenn sich durch Lockern der Kelchblätter zeigte, dass die Knospe abends aufblühen würde, schnitt ich sie unter Wasser ab und brachte sie in einen Wärmekasten, in welchem bei möglichst konstanter Temperatur und völlig mit Wasserdampf gesättigter Luft die nachherigen Versuche gemacht wurden. Denn da die Transpiration der Pflanzenteile, wie bekannt, eine bedeutende Abkühlung hervorruft, so musste dieselbe möglichst unterdrückt werden, wie schon Dutrochet angegeben hat (Ann. d. sc. nat. bot. Sér. 2, T. 12 u. 13, 1839/40). In dem Wärmekasten zerschnitt ich dann die Knospe in verschiedener Weise, je nach den Beobachtungen, die ich anstellen wollte; darauf brachte ich die einzelnen Blütenteile je in einen Glascylinder, den ich oben und unten mit Watte verschloss, so dass der Sauerstoff ungehindert durchtreten konnte, zugleich aber ein zu grosser Wärmeverlust verhindert wurde. In diesen Cylinder steckte ich ein Thermometer derart hinein, dass das Quecksilbergefäss rings von den in Watte eingehüllten wärmenden Körpern umgeben wurde. Zur weiteren Isolierung waren diese Cylinder aussen noch mit Watte umwickelt und diese mit Papier so befestigt, dass nur ein schmaler Streifen zur Beobachtung des Thermometers frei blieb. Die Ausstrahlung und Ableitung von Wärme war also dadurch stark herabgedrückt.

Die einzelnen Versuche verliefen in folgender Weise:

I. Versuch.

Am 11. August 1896 schnitt ich die schon schwach duftende Knospe um 4^{30} Uhr nachmittags ab und entfernte dann zunächst den Kelch, den ich nicht untersuchte. Sodann schnitt ich die Kronenblätter und sämtliche Staminodien und Staubgefässe an ihrer Basis ab und brachte sie zur Beobachtung in je einen Cylinder. Desgleichen verfuhr ich auch mit den Schliesszapfen, die ich vorsichtig von den 33 Anhängseln losgetrennt hatte. Letztere, im Gewichte von 11,46 g, teilte ich in zwei Partien: den einen etwas grösseren Teil (6,94 g) beobachtete ich in der angegebenen Weise in einem Cylinder; die andere Hälfte dagegen brachte ich in Wasserstoff-Atmosphäre, um zu prüfen, wie hoch die durch intramolekulare Atmung erzeugte Wärme sein würde. Zu diesem Zwecke brachte ich die Anhängsel in einen verschliessbaren Cylinder, nach Art der Chlorcalciumrohre nach Fresenius, in dem sich etwas Kalilauge befand. Diese sollte die bei der Atmung ausgeschiedene Kohlensäure aufnehmen, damit durch deren Anhäufung in dem Gefäss nicht ein schädigender Einfluss auf die Pflanzenteile ausgeübt würde. Den Cylinder verschloss ich mit einem Gummistopfen, durch dessen Bohrung ein Thermometer steckte, dessen Quecksilbergefäss von den Pflanzenteilen umgeben war. Oben und unten hatte das Gefäss eine Öffnung, sodass ich dasselbe, nachdem ich es mit den Pflanzenteilen beschickt hatte, durch längeres, halbstündiges Einleiten von Wasserstoff luftfrei machen konnte. Dann verschloss ich die Öffnungen mit Gummischlauch und Quetschhahn und stellte diesen Cylinder zu den übrigen in den Wärmekasten. Die Temperatur in letzterem betrug während der Beobachtung in der Regel zwischen 22 und 24° C. Das Resultat des Versuches habe ich in der Tabelle auf pag. 35 u. 36 und den Verlauf der Erwärmung der Staubgefässe und Staminodien, der Schliesszapfen und der Anhängsel, ausserdem in Form von Curven auf der Curventafel III wiedergegeben.

A. Tabelle des I. Versuches, die Beteiligung der einzelnen Blütenglieder an der Gesamterwärmung der Blüte zeigend.

Zeit	Temperatur (in Celsius-Graden) der Luft	1. Staminodien u. Staubgefässe	2. Schliesszapfen	3. Anhängsel	4. Blumenblätter	Differenz zwischen Luft- u. Anhängsel-Temperatur
5^{45} nachm.	22,6	27,0	27,4	31,1	21,3	8,5
6 abends	23,4	27,4	27,6	33,9	21,8	10,5
6^{6} „	23,0	27,6	28,0	35,0	22,0	12,0
6^{10} „	23,0	27,8	28,1	35,3	22,0	12,3
6^{15} „	23,5	28,2	28,4	35,8	22,5	12,3
6^{20} „	23,6	28,4	28,6	35,9	23,0	12,3
6^{30} „	23,6	28,8	29,2	35,8	23,5	12,2
6^{35} „	23,6	29,2	29,5	35,7	24,0	12,1
6^{40} „	23,0	29,3	29,6	35,0	24,0	12,0
6^{45} „	23,4	29,4	29,6	34,8	24,0	11,4
6^{50} „	23,4	29,4	29,6	34,7	24,5	11,3
6^{55} „	23,4	29,4	29,6	34,6	24,5	11,2
7^{5} „	23,1	29,6	29,6	34,2	24,5	11,1
7^{10} „	23,0	29,6	29,6	34,0	24,0	11,0
7^{25} „	23,0	29,4	29,6	33,5	24,0	10,5
7^{35} „	23,0	29,2	29,4	33,4	24,0	10,4
7^{45} „	23,0	29,0	29,4	33,3	24,0	10,3
7^{55} „	23,0	28,6	29,0	33,0	24,0	10,0
8^{10} „	23,2	28,5	28,8	33,0	24,0	9,8
8^{25} „	23,2	28,2	28,4	32,7	24,0	9,5
8^{40} „	23,2	27,9	27,9	32,1	24,0	8,9
8^{50} „	23,2	27,8	27,8	32,0	24,0	8,8
8^{58} „	23,2	27,6	—	31,5	—	8,3
9^{10} „	23,0	27,4	27,4	31,2	24,0	8,2
9^{35} „	23,2	26,8	26,4	30,7	-	7,5
9^{45} „	23,8	26,8	26,4	30,2	24,0	7,4
10^{15} „	23,8	26,4	26,0	29,6	24,0	6,8
12 nachts	21,6	24,4	24,0	26,7	22,0	5,1
8 vorm.	20,3	24,0	-	22,9	—	2,6
9 „	20,3	24,0	—	22,7	—	2,4
10 „	20,6	23,9	—	21,4	—	0,8
10^{10} „	20,9	24,0		22,5		1,6
10^{25} „	21,6	24,4	—	24,0	—	2,4
10^{45} „	21,8	24,6	—	24,6	—	2,8
11 „	21,4	24,6	—	25,0	—	3,6
11^{30} „	21,9	24,8	—	25,3	—	3,4
11^{45} „	22,0	25,0		26,3		4,3
1 nachm.	22,4	25,0	-	26,2	—	3,8
2 „	22,0	24,5		25,0	—	3,0
3 „	21,4	24,0	—	25,0	—	3,6
4 „	22,0	24,0	—	25,1	-	3,1

B. Tabelle des I. Versuches, den Verlauf der Erwärmung der bis 8 Uhr 50 Minuten abends in Wasserstoff-Atmosphäre gewesenen Anhängsel zeigend.

Zeit	Temperatur (in Celsius-Graden) der Luft	Temperatur (in Celsius-Graden) der Anhängsel	Differenz
5^{45} nachm.	22,6	22,6	
6 abends	23,4	23,0	— 0,4
6^{6} „	23,0	23,4	+ 0,4
6^{10} „	23,0	23,9	0,9
6^{15} „	23,5	24,2	0,7
6^{20} „	23,6	24,5	0,9
6^{30} „	23,6	24,6	1,0
6^{35} „	23,6	24,4	0,8
6^{40} „	23,0	24,3	1,3
6^{45} „	23,4	24,3	0,9
6^{50} „	23,4	24,2	0,8
6^{55} „	23,4	24,0	0,6
7^{5} „	23,1	24,0	0,9
7^{10} „	23,0	23,8	0,8
7^{25} „	23,0	23,7	0,7
7^{35} „	23,0	23,7	0,7
7^{45} „	23,0	23,7	0,7
7^{55} „	23,0	23,7	0,7
8^{10} „	23,2	23,7	0,5
8^{25} „	23,2	23,7	0,5
8^{40} „	23,2	23,7	0,5
8^{50} „	23,2	23,7	0,5
8^{52} „	23,2	24,9	1,7
8^{54} „	23,2	25,9	2,7
8^{55} „	23,2	26,5	3,3
8^{56} „	23,2	26,8	3,6
8^{58} „	23,2	27,3	4,1
9 „	23,1	27,7	4,6
9^{2} „	23,1	28,3	5,2
9^{5} „	23,1	29,3	6,2
9^{10} „	23,0	30,0	7,0
9^{15} abends	23,0	30,4	7,4
9^{20} „	23,0	31,2	8,2
9^{25} „	23,0	32,0	9,0
9^{30} „	23,2	32,5	9,3
9^{35} „	23,2	33,3	10,1
9^{41} „	23,2	34,0	10,8
9^{45} „	23,2	34,3	11,1
9^{50} „	23,2	34,6	11,4
9^{52} „	23,2	34,6	11,4
9^{55} „	22,8	34,7	11,9
10 „	22,8	34,6	11,8
10^{3} „	22,8	34,5	11,7
10^{10} „	22,8	34,4	11,6
10^{15} „	22,8	34,1	11,3
10^{20} „	22,8	33,8	11,0
12 nachts	21,6	26,5	5,1
8 vorm.	20,3	22,8	2,5
9 „	20,3	22,7	2,4
10 „	20,6	22,5	1,9
10^{10} „	20,9	23,0	2,1
10^{25} „	21,6	23,0	1,4
10^{45} „	21,8	23,6	1,8
11 „	21,4	24,0	2,6
11^{30} „	21,9	24,9	3,0
11^{45} „	22,0	25,6	3,6
1 nachm.	22,4	24,6	2,2
2 „	22,0	24,2	2,2
3 „	21,4	24,0	2,6
4 „	22,0	24,1	2,1

Was zunächst die Erwärmung der Blumenblätter anbetrifft, so war dieselbe, wie die Tabelle zeigt, sehr gering und übertraf die Lufttemperatur des Wärmekastens im Maximum nur um 1,4° C. Dagegen war die Erwärmung der übrigen Blütenteile eine sehr erhebliche. Sehen wir uns dieselbe an Hand der Curventafel III an. Zunächst bemerken wir, dass schon zur Zeit des Beginnes der Beobachtung alle Blütenteile eine bedeutende Erwärmung zeigen, die bei den Staubgefässen und Staminodien (Curve III, 1) wie bei den Schliesszapfen (2) die Lufttemperatur um 4,4 resp. 4,8° C., bei den Anhängseln (3) sogar um 8,5° C. übertrifft. Die Schliesszapfen (2) erreichen dann in langsamem Ansteigen um 6^{40} Uhr abends ihr Maximum mit 29,6° C., welches bis 7^{25} Uhr andauert und die Lufttemperatur um 6,6° C. übertrifft. Von diesem Zeitpunkt an sinkt die Curve zwar sehr langsam, aber ununterbrochen, bis sie 12 Uhr nachts 24° C. erreicht, die Lufttemperatur damit noch um 2,4° C. übertreffend. In annähernd gleicher Weise verhalten sich die Staubgefässe und Staminodien (1), welche um 7^{5} Uhr ihr Maximum mit ebenfalls 29,6° C. erreichen und um 7^{10} Uhr, also zur selben Zeit, wie die Schliesszapfen, den grössten Wärmeüberschuss über die Lufttemperatur (6,6° C.) zeigen. Dann sinkt die Temperatur in einer noch flacheren Curve, als bei den Schliesszapfen, und ist 12 Uhr nachts mit 24,4° C. noch 2,8° C. wärmer als die Luft. Um 12 Uhr nachts brach ich die Beobachtung bis zum andern Morgen 8 Uhr ab. Um diese Zeit ist die Lufttemperatur (5), wie wir sehen, auf 20,3° C. gefallen, die Temperatur der Schliesszapfen auf 22° C. herabgegangen, wogegen die Temperatur der Staubgefässe und Staminodien um 0,6° C. gestiegen ist. Beide Teile bleiben aber jetzt in langsamem Sinken begriffen bis 4^{30} Uhr nachmittags, wo ich die Beobachtung ganz abbrach.

Sehen wir uns jetzt den Verlauf der Erwärmung der im offenen Cylinder befindlichen Anhängsel (3) an, so springt sofort die bedeutend stärkere Erwärmung gegenüber derjenigen der Staubgefässe und Staminodien einerseits und Schliesszapfen andererseits in die Augen, welche auch während des ganzen weiteren Verlaufes anhält. Schon bei Beginn der Beobachtung übertrifft die Temperatur der Anhängsel die Temperatur der Luft um 8,5° C. und steigt dann so rapid in die Höhe, dass sie schon nach 20 Minuten ihr Maximum mit 35,3° C. erreicht. Die Differenz beträgt 12,3° C. Dass die Temperatur in den nächsten 10 Minuten noch um weitere 0,6° C. steigt, ist, wie die Luftcurve zeigt, nur durch das Schwanken der Lufttemperatur bedingt, denn die Steigung bei beiden Curven ist eine ganz parallele. Die Erwärmung der Anhängsel hat also in den ersten 20 Minuten um 4,2° C. = 0,21° C. pro Minute zugenommen. Sie übertrifft die Temperatur der Staubgefässe und Staminodien und die der Schliesszapfen um etwa 7° C.

Nach Erreichung des Maximums sinkt dann die Temperatur ununterbrochen bis zum nächsten Vormittag 10 Uhr, wo sie mit 21,4° ihr Minimum erreicht. Dass während der nicht beobachteten Zeit von 12 Uhr nachts bis 8 Uhr morgens grosse Schwankungen vorgekommen sein sollten, ist wohl kaum anzunehmen.

Von 10 Uhr morgens an tritt wieder eine Temperaturerhöhung ein, die ihr Maximum um 11^{45} Uhr mit 26,3° C. erreicht. Zwar steigt die Lufttemperatur während dieser Zeit auch etwas, doch ist dieses Steigen im Vergleich mit dem der Anhängseltemperatur gering. Während um 10 Uhr die Differenz nur 0,8° C. beträgt zwischen der Temperatur der Anhängsel und der sie umgebenden Luft, ist dieselbe bis 11^{45} Uhr auf 4,3° C. gestiegen.

Nach diesem zweiten Maximum fällt dann die Temperatur der Anhängsel bis zu dem Zeitpunkt, wo ich die Beobachtung abbrach; übertrifft hier aber die Lufttemperatur immer noch um 3,1° C.

Verfolgen wir jetzt das Verhalten der in der Wasserstoff-Atmosphäre eingeschlossenen Anhängsel (Curve III, 4). Vielleicht infolge Vorhandenseins von geringen Mengen Sauerstoff in den Intercellularen tritt in der ersten Stunde der Beobachtung eine kleine Steigung der Anhängseltemperatur ein, die bis zu einer Differenz von 1° C. zwischen ihr und der Temperatur der Aussenluft steigt, wenn ich die Zeit von 6^{35} bis 6^{45} Uhr, wo die Lufttemperatur eine starke Schwankung durchmacht, nicht in Betracht ziehe. Dann sinkt die Wärme der Anhängsel wieder etwas und bleibt nun konstant auf 23,7° C. stehen, die Lufttemperatur um 0,5—0,7° C. übertreffend, bis ich um 8^{50} Uhr den Wasserstoff durch die atmosphärische Luft ersetzte. Fast momentan tritt jetzt eine äusserst lebhafte Steigung der Erwärmung ein. In den ersten 10 Minuten steigt die Temperatur um 0,4° C. in der Minute, in den folgenden 10 Minuten um 0,23, 0,12, 0,13, 0,14, 0,05° C. in der Minute, bis sie um 9^{55} Uhr, also nach 1 Stunde 5 Minuten, ihr Maximum mit 34,7° C. erreicht hat. Während also in dem vorhergehenden normalen Falle die Temperaturzunahme der Anhängsel in den ersten 20 Minuten der stärksten Erwärmung 0,21° C. pro Minute betrug, steigt hier während derselben Zeit die Temperatur pro Minute um 0,31° C.

Dass die Temperatur nicht die Höhe der Temperatur der unter normalen Verhältnissen sich erwärmenden Anhängsel erreicht hat, kann durch das verschiedene Mengenverhältnis verursacht sein: fast 7,0 g Anhängselsubstanz lagen dem Versuche unter A zu Grunde, 4,5 g dagegen nur diesem Versuche B in der Wasserstoff-Atmosphäre.

Dem energischen steilen Ansteigen der Temperatur entspricht nun auch, wie wir sehen, das Abfallen der Curve, welches so stark ist, dass um 12 Uhr nachts, als ich die Beobachtung unterbrach, die Curve mit der Curve der Anhängseltemperatur des Versuches A bereits zusammengefallen ist. Der ganze Erwärmungsverlauf, den die Anhängsel des Versuches unter A in $6^1/_4$ Stunden durchgemacht haben, spielt sich hier also in 3 Stunden ab.

Der weitere Verlauf der Erwärmung dieser Anhängsel am folgenden Morgen deckt sich fast ganz mit der Curve, welche uns die Erwärmung der unter normalen Bedingungen befindlichen Anhängsel anzeigt. Besonders ist hervorzuheben, dass auch bei diesem Versuche das zweite Maximum genau zur selben Zeit, 10^{45} Uhr vormittags, liegt, wie bei dem Versuche A.

Eine weitere interessante Erscheinung, die dieser Versuch ergab, war, dass der eigentümliche, fruchtätherartige Duft, welcher der Blüte beim Aufblühen entströmt, ganz allein seinen Ursprung in den Anhängseln hat und eng mit dem Beginn der Erwärmung verknüpft ist. Weder in dem die Blumenblätter enthaltenden Cylinder, noch in denjenigen, welche die Staubgefässe und Staminodien oder die Schliesszapfen enthielten, war während der Beobachtung Geruch wahrzunehmen, sondern allein aus dem mit den Anhängseln beschickten Cylinder strömte der charakteristische Duft heraus. Und dass dieser riechende Körper sich nur bei der normalen Atmung bildet, zeigte klar der Versuch B. Denn solange sich die Anhängsel in der Wasserstoff-Atmosphäre befanden, war kein Geruch zu bemerken; letzterer trat aber in voller Stärke auf, sobald der Sauerstoff der Luft zu den Pflanzenteilen zutrat. Da nun der Geruch am stärksten ist direkt nach dem Aufblühen der Knospe, um diese Zeit aber auch das Temperaturmaximum liegt, so lässt sich hieraus wohl noch folgern, dass das Maximum der Erzeugung dieses Riechstoffes mit dem ersten Maximum der Blütenwärme zusammenfällt. Auch Kraus fand bei seinen Untersuchungen über

Blütenwärme bei Cycadeen etc., a. a. O. pag. 266—268, dass während des ersten Maximums der Blütenwärme auch der Geruch am stärksten war.

II. Versuch.

Zu diesem Versuche benutzte ich eine Knospe, die ich um 3^{30} Uhr nachmittags abschnitt, dann halbierte und von den Kelch-, Blumen- und Staubblättern befreite. Darauf trennte ich von der einen Hälfte das innere Gewebe des oberen Teiles des Ringwalles so los, dass Schliesszapfen und Anhängsel unter einander und mit diesem Stück des Ringwalls verbunden blieben. Die andere Hälfte teilte ich in zwei gleiche Teile; von dem einen Teil benutzte ich die abgetrennten Schliesszapfen und Anhängsel je für sich zur Beobachtung, von dem andern Viertel trennte ich die Anhängsel und Schliesszapfen zusammen los und unterwarf sie der Beobachtung im Wasserstoffstrome. Alle vier Partieen wurden im übrigen in derselben Weise der Beobachtung unterzogen, wie früher angegeben. Aus der Tabelle pag. 40 sehen wir, dass, wie im vorigen Versuche, auch dieses Mal bei Beginn der Beobachtung schon eine erhebliche Erwärmung vorhanden ist, die darauf schliessen lässt, dass schon sämtliche zur Beobachtung kommenden Knospenteile im Erwärmen begriffen waren, als ich die Untersuchung begann.

Bei den Schliesszapfen (1 in der Tabelle II A) wächst nun die Intensität der Erwärmung sehr schnell und erreicht um 6^{25} Uhr abends ihr Maximum mit einer Differenz von 3,9° C. über der Lufttemperatur. Dann fällt die Temperatur stetig, wie man sieht, bis sie 11^{30} Uhr abends die Lufttemperatur nur noch um 0,2° C. übertrifft. Eine Steigerung der Temperatur der Schliesszapfen trat weder diesen Abend noch am andern Morgen ein, so dass es den Anschein hat, dass die Schliesszapfen kein sekundäres Temperatur-Maximum wie die Anhängsel haben.

Auch dieser Versuch zeigt, dass die Erwärmung der Anhängsel die der Schliesszapfen bedeutend übertrifft. Wie die Tabelle II A 2 zeigt, steigt die Temperatur der Anhängsel bis 6 Uhr abends ziemlich schnell und gleichmässig und erreicht trotz des Sinkens der Lufttemperatur 6^{20} Uhr ihr Maximum mit 28,5° C., die Lufttemperatur um 6,4° C. übertreffend; also zur selben Zeit, wie die Anhängsel des vorigen Versuches I A. Dann nimmt die Intensität der Erwärmung langsam ab; die Temperaturdifferenz zwischen der Luft und den Anhängseln betrug, als ich 1^{45} Uhr nachts die Beobachtung unterbrach, noch 1,2° C. Bei Beginn der Beobachtung am anderen Morgen um 10 Uhr war die Temperatur der Anhängsel wieder etwas gestiegen und übertraf die Lufttemperatur um 1,6° C. Die weitere Beobachtung ergab dann ein langsames Ansteigen der Temperatur bis 11^{30} Uhr vormittags, wo sie ihr zweites Maximum mit 26,3° C. erreichte, 2,3° höher als die Lufttemperatur. Im weiteren Verlauf sinkt dann die Temperatur wieder langsam; um 1 Uhr mittags brach ich die Beobachtung ab. Aus diesen Thatsachen ist also zu schliessen, dass zwischen 1^{45} Uhr nachts und 10 Uhr vormittags ein Minimum gelegen hat, wie im vorigen Versuche I A auch, wo ich dasselbe um 10 Uhr vormittags fand. Auffällig ist ferner, dass das zweite Maximum nicht nur fast zur selben Zeit liegt, wie bei den Anhängseln I A, sondern die Temperatur der Anhängsel auch fast dieselbe Höhe erreicht, zumal wenn man auf das Mengenverhältnis Rücksicht nimmt.

Werfen wir jetzt noch einen Blick auf die Tabelle (II A 3), die uns die Erwärmung der Anhängsel mit Schliesszapfen zeigt. Das Ansteigen der Temperatur dieser Organe zeigt eine grosse Ähnlichkeit mit der Temperaturzunahme, wie sie die Beobachtung an der ganzen Blüte ergab. Um 6^{20} Uhr

A. Tabelle des II. Versuches, die Erwärmung 1. der Schliesszapfen, 2. der Anhängsel und 3. der Schliesszapfen mit den Anhängseln zusammen zeigend.

Zeit		Temperatur (in Celsius-Graden) der			
		Luft	1. Schliesszapfen	2. Anhängsel	3. Schliesszapfen mit Anhängsel
4^{30}	nachmittags	22,0		21.0	29,8
4^{45}	„	22,0	20,8	21,0	31,0
5	„	22,5	21,0	21.0	32,2
5^{5}	„	23,0	21,2	22,0	32,4
5^{7}	„	23,0	21,4	22,9	32,7
5^{11}	„	23,0	23,4	23,7	32,9
5^{20}	„	23,0	25,0	25,3	33,4
5^{30}	„	23,1	25,6	26,3	33,7
5^{35}	„	23,0	26,0	26,9	33,8
5^{45}	„	23,0	26,2	27,8	34,1
5^{50}	„	23,0	26,2	28,2	34,3
6	abends	22,8	26,4	28,5	34,3
6^{10}	„	22,6	26,2	28,6	34,3
6^{20}	„	22,2	26,0	28,5	34,2
6^{25}	„	22,1	26,0	28,3	34,1
6^{35}	„	22,4	25,9	28,4	34,5
6^{45}	„	22,4	25,6	28,0	34,1
6^{55}	„	22,6	25,4	28,0	34,1
7^{15}	„	22,6	25,0	28,0	34,0
7^{25}	„	22,2	24,5	27,6	34,0
7^{45}	„	22,2	24,0	27,0	33,5
7^{55}	„	22,2	24,0	26,9	33,1
10	„	22,0	22,8	25,2	28,0
10^{15}	„	21,0	21,6	24,5	27,0
10^{30}	„	21,3	22,0	24,1	26,5
10^{45}	„	21,3	22,0	24,2	26,2
11^{10}	„	21,6	22,0	24,2	25,9
11^{30}	„	22,2	22,0	24,3	25,8
12^{15}	nachts	22,6	22,0	25,0	26,2
12^{45}	„	23,2	22,2	25,0	26,0
1^{15}	„	23,2	22,1	25,0	26,0
1^{30}	„	23,2	22,1	24,7	25,7
10	vormittags	23,8		25,1	25,1
11	„	23,8		25,5	25,4
11^{30}	„	24,0		26,8	26,3
12	mittags	24,3		26,3	26,3
12^{30}	„	24,0	—	25,8	25,1
1	„	24,0		25,8	25,1

B. Tabelle des II. Versuches, die Erwärmung der Schliesszapfen mit Anhängseln, welche bis 10 Uhr abends in Wasserstoff-Atmosphäre gewesen sind, zeigend.

Zeit	Temperatur (in Celsius-Graden) der Luft	Temperatur (in Celsius-Graden) der Anhängsel und Schliesszapfen	Zeit	Temperatur (in Celsius-Graden) der Luft	Temperatur (in Celsius-Graden) der Anhängsel und Schliesszapfen
5 nachmittags	22,5	22,2	11 abends	22,2	26,7
5^{5} „	23,0	22,2	11^{10} „	22,0	27,2
5^{7} „	23,0	22,5	11^{20} „	22,0	27,7
5^{11} „	23,0	22,8	11^{30} „	22,2	28,3
5^{20} „	23,0	23,0	12 nachts	22,2	29,8
5^{30} „	23,0	23,0	12^{15} „	22,6	30,3
5^{35} „	23,0	23,2	12^{30} „	23,0	30,6
5^{45} „	23,0	23,2	12^{45} „	23,2	30,8
5^{50} „	23,0	23,2	1 „	23,2	30,6
6 abends	22,8	23,2	1^{30} „	23,2	29,3
6^{20} „	22,2	23,0	1^{45} „	23,3	29,3
6^{35} „	22,4	23,0			
6^{55} „	22,6	23,0	10 vormittags	23,8	26,2
7^{25} „	22,2	22,6	11 „	23,8	26,5
7^{55} „	22,2	22,4	11^{20} „	24,0	26,7
10 „	22,0	22,4	12 mittags	24,3	27,2
10^{15} „	21,2	22,7	12^{20} „	24,0	26,3
10^{20} „	21,2	23,1	12^{45} „	24,0	26,1
10^{25} „	21,3	23,5	1 nachmittags	24,8	26,7
10^{30} „	21,3	23,9	2 „	24,2	27,3
10^{35} „	21,3	24,2	3^{30} „	22,5	25,1
10^{45} „	22,3	25,6			

erreicht die Erwärmung ihr Maximum mit einer Temperaturdifferenz von 12° C. Bemerkenswert ist, dass dieses Maximum zur selben Zeit eintritt wie bei den Anhängseln in der Tabelle II A 2 und noch über das 5 Minuten später eintretende Maximum der Schliesszapfen (II A 1) hinausdauert. Hiernach scheinen die Anhängsel, zumal wenn man noch den Verlauf der Erwärmung der Anhängsel, Schliesszapfen und Staubgefässe (Tabelle I A, B) mit zum Vergleiche heranzieht, nicht allein die bei weitem grösste Menge Wärme abzugeben, sondern es scheint bei ihnen das Wärme-Maximum auch früher einzutreten als bei den übrigen Blattorganen der Blüte.

Nach diesem ersten Maximum fällt dann die Temperatur stetig, bis sie beim Abbrechen der Beobachtung, 1^{45} Uhr nachts, die Lufttemperatur noch um 2,4° C. übertrifft. Der weitere Verlauf der Erwärmung am folgenden Morgen deckt sich dann ziemlich mit demjenigen der Anhängselwärme II A 2; nur ist die Temperaturdifferenz etwas grösser, infolge der grösseren Masse, die zur Beobachtung genommen ist. Auch in diesem Falle muss zwischen 1^{45} nachts und 10 Uhr morgens ein Minimum gelegen haben, denn um 10 Uhr ist die Anhängsel-Temperatur schon wieder 2,6° C. höher als die Lufttemperatur und steigt dann bis 11^{30} Uhr vormittags zu einem zweiten Maximum, welches 2,8° C. über der Lufttemperatur liegt. Wie man sieht, fällt dieses Maximum mit dem der Anhängsel II A 2 zusammen; dass dasselbe nur 0,5° C. höher ist, als das der Anhängsel allein, trotzdem die doppelte Menge Pflanzenmasse zur Untersuchung genommen ist, scheint mir die vorhin geäusserte Ansicht zu bestätigen, dass die Schliesszapfen kein zweites Maximum besitzen.

Einen dem eben geschilderten ganz analogen Verlauf nahm die Erwärmung der bis 10 Uhr abends in Wasserstoff-Atmosphäre eingeschlossenen Anhängsel mit Schliesszapfen II B nach dem Zutritt von Sauerstoff aus der Luft. Während der Zeit, wo sie sich in der Wasserstoff-Atmosphäre befanden, betrug die Temperaturdifferenz im Maximum 0,6° C., also ungefähr so viel wie im Versuch I B, und sank dann trotz der Temperaturschwankungen gleichmässig bis 10 Uhr, um welche Zeit die Differenz 0,4° C. betrug. Obgleich ich die Versuche in der Wasserstoff-Atmosphäre in möglichst vorsichtiger Weise angestellt habe, ist die Möglichkeit doch nicht ausgeschlossen, dass noch ganz geringe Mengen von Sauerstoff im Gewebe der Anhängsel vorhanden waren, zumal ja dieses Gewebe ein ungemein lockeres ist und grosse Luftlücken aufweist, und dass diese den Wärmeüberschuss hervorgerufen haben könnten. Daraus aber wieder, dass dieser Wärmeüberschuss noch nach 5 Stunden 0,4° C. betrug, könnte man hinwieder schliessen, dass die durch intramolekulare Atmung erzeugte Wärme hier doch eine recht beträchtliche war.

Um 10 Uhr liess ich nun den Sauerstoff der Luft zu den Organen zutreten, und alsbald erfolgte eine lebhafte, gleichmässige Zunahme der Temperatur, die bis 12^{45} Uhr nachts andauerte und mit 30,8° C. die Lufttemperatur um 7,6° C. übertraf. Dann sank die Temperatur wieder und erreichte jedenfalls am anderen Morgen ein Minimum, denn um 10 Uhr vormittags betrug die Temperaturdifferenz 2,4° C. und stieg dann langsam bis 12 Uhr mittags, wo sie mit einer Differenz von 2,9° C. ihr zweites Maximum erreichte.

III. Versuch.

Bei dem dritten und letzten Versuch mit isolierten Blütenteilen zog ich in meine Betrachtung auch den Fruchtknoten hinein. Nachdem ich die um 3^{30} Uhr nachmittags abgeschnittene Knospe halbiert hatte, trennte ich von der einen Hälfte zunächst alle Blattorgane ab bis auf die Schliesszapfen. Diese

Tabelle des III. Versuches, die Erwärmung der Staubgefässe und Staminodien, der Schliesszapfen und Anhängsel und des Fruchtknotens angebend.

Zeit	Temperatur (in Celsius-Graden) der			
	Luft	Staubgefässe und Staminodien	Schliesszapfen und Anhängsel	Fruchtknoten
4^{30} nachmittags	24,0	24,2	28,2	—
4^{50} „	24,0	24,2	30,6	—
5 „	25,0	25,6	32,4	—
5^{12} „	25,5	26,1	34,7	20,6
5^{17} „	25,5	26,2	34,8	22,0
5^{21} „	25,5	27,5	34,8	22,5
5^{26} „	26,0	27,8	34,9	23,0
5^{30} „	26,0	28,0	34,9	23,3
5^{35} „	26,0	28,2	34,9	23,5
5^{40} „	26,0	28,5	35,0	24,0
5^{45} „	26,0	28,6	35,0	24,2
5^{50} „	25,0	28,8	34,9	24,4
6 abends	25,0	28,7	34,4	24,5
6^{10} „	25,0	28,6	34,0	24,8
6^{20} „	25,0	28,4	33,8	24,8
6^{30} „	25,0	28,4	33,4	24,8
6^{40} „	25,0	28,2	33,3	24,8
6^{50} „	25,0	28,1	33,2	24,8
7 „	25,0	28,1	33,1	24,9
7^{10} „	25,0	28,0	32,8	25,0
7^{20} „	25,0	27,8	32,4	25,0
7^{30} „	25,0	27,2	32,1	25,0
7^{45} „	25,0	27,0	31,8	25,0
8 „	25,0	26,8	31,2	25,0
8^{10} „	25,0	26,6	31,0	25,0
8^{30} „	26,0	27,0	31,4	25,8
9 „	26,0	27,4	31,2	25,8
9^{20} „	26,0	27,6	30,8	25,8
9^{40} „	26,0	27,6	30,4	25,9
10 „	26,0	27,4	30,0	26,2
11 „	24,0	25,0	27,7	24,5
11^{30} „	23,5	24,0	25,8	23,7

letzteren mit den Anhängseln, die Staubgefässe und den Fruchtknoten unterzog ich in bekannter Weise der Beobachtung. Das Gewicht der Anhängsel und Schliesszapfen einerseits, wie der Staubgefässe und äusseren Staminodien andererseits war in diesem Falle gleich und betrug 7.2 g, das des Fruchtknotens 14.4 g. Wie die Tabelle III zeigt, muss auch bei diesem Versuch schon vor Beginn eine beträchtliche Wärme in der Knospe vorhanden gewesen sein, eine Bestätigung also der schon an der intakten Blüte gemachten Erfahrung, dass schon vor der Entfaltung der Knospe eine starke Erwärmung der Blüte stattfindet. Der Verlauf der Erwärmung der Anhängsel und der Staubgefässe entsprach im allgemeinen dem Verlauf bei den bisherigen Beobachtungen: in raschem Ansteigen erreicht die Temperatur in beiden Cylindern um 5^{50} Uhr ihr Maximum mit 34.9 resp. 28,8° C., dann sinkt sie wieder ununterbrochen bis 11^{30} Uhr abends, wo ich die Beobachtung abbrach. Wie bedeutend stärker die Erwärmung der Anhängsel gegenüber derjenigen der Staubgefässe ist, geht auch aus diesem Versuche wieder deutlich hervor. Trotzdem gleiche Gewichtsmengen der in Frage kommenden Blütenteile zur Beobachtung gelangten, übertraf doch die Erwärmung der Anhängsel und Schliesszapfen die der Staubgefässe und Staminodien im Maximum um 6,1° C.

Am geringsten von allen auf Erwärmung geprüften Blütenteilen ist, wie die Tabelle III zeigt, die Erwärmung des Fruchtknotens. Während bei Beginn der Beobachtung die Temperatur fast 5° C. unter der Temperatur der Luft blieb, stieg sie in der Folgezeit nur sehr allmählich und erreichte erst nach etwa 2 Stunden die Höhe der Lufttemperatur. Nach weiteren 2 Stunden trat dann eine schwache Steigung der Temperatur ein, die zwischen 10 und 11 Uhr abends ihren Höhepunkt erreichte und die Lufttemperatur jetzt um 0,5° C. übertraf. Am folgenden Morgen hatte die Temperatur des Fruchtknotens die Höhe der Lufttemperatur erreicht und blieb auf diesem Niveau auch während des Tages stehen. Caspary's Punkt 7 fand ich also nicht bestätigt: allerdings habe ich, wie gesagt, nicht untersucht, ob Erwärmung in der zweiten Nacht eintritt.

Fasse ich nun zum Schluss dieses Kapitels die Resultate meiner Beobachtungen noch einmal kurz zusammen:

1. Die Erwärmung der Blüte von Victoria beginnt mindestens 9 Stunden vor dem Aufblühen.
2. Ein konstantes Minimum der Erwärmung direkt nach dem Aufblühen, wie es Caspary angiebt, besteht nicht.
3. Die Erwärmung nimmt bis zum vollständigen Aufblühen annähernd gleichmässig zu; das grösste Maximum der Erwärmung tritt zwischen 5 und 8 Uhr abends am ersten Tage ein.
4. Am Morgen des zweiten Tages findet sich ein Minimum der Erwärmung, dann steigt die Temperatur langsam bis zu einem zweiten, etwas kleineren Maximum.
5. Als Heizkörper der Blüte dienen Staubblätter, Schliesszapfen und Anhängsel; der Fruchtknoten und die Kronenblätter erwärmen sich nur sehr wenig.
6. Die maximale Temperatur der isolierten Anhängsel lag ungefähr 12° C. über der Lufttemperatur, während sich die maximale Erwärmung der Staubblätter um 6° C. über die Lufttemperatur erhob, ebenso die der Schliesszapfen; die Anhängsel sind also die hauptsächlichsten Heizapparate der Blüte.
7. Wie die Curve der Erwärmung der Blüte lässt auch die Curve der Anhängsel-Erwärmung zwei Maxima erkennen, während der Erwärmungsverlauf der Schliesszapfen nur ein Maximum zeigt, welches etwas hinter dem ersten Maximum der Anhängsel-Erwärmung liegt.

8. Die Anhängsel sind die alleinigen Produktionsapparate des riechenden Stoffes der Blüte.
9. Die Entwickelung des riechenden Stoffes ist von dem Zutritt des freien Sauerstoffs zu den Zellen des Schliesszapfens abhängig und beginnt mit dem Eintritte der Erwärmung der Anhängsel. Es liegt hier der erste bekannt gewordene Fall der Ausscheidung eines gasförmigen Körpers neben Kohlensäure (und Wasserdampf) bei der Atmung einer höheren Pflanze vor.

D. Die während des Blühens in den Anhängseln auftretenden stofflichen Veränderungen und ihre Beziehungen zur Erwärmung und Kohlensäure-Ausscheidung.

Auf die äusseren Veränderungen, welche alle Blütenteile während des Blühens durchmachen, habe ich schon in dem morphologischen Teil dieser Arbeit hingewiesen. Hier will ich nur noch einige Angaben über stoffliche Veränderungen machen, die während der Erwärmungszeit in den beteiligten Pflanzenteilen vorgekommen sind, und über quantitative Beziehungen, die diese stofflichen Veränderungen erkennen liessen.

Wegen Mangels an Material konnte ich nur wenige quantitative Versuche anstellen. Gegen die Genauigkeit der Resultate meiner quantitativen Untersuchungen liesse sich einwenden, dass die benutzten Teilportionen als gleich gesetzt sind, ohne dass der Grad der Gleichheit derselben vorher bestimmt worden ist. In der That ist das ein methodischer Fehler, jedoch glaube ich, dass derselbe, da immer eine grössere Zahl derselben Organe der gleichen Blüte (Anhängsel oder Schliesszapfen) verwandt wurden, nicht von so entscheidender Bedeutung ist, dass die Versuche nicht als annähernd richtige betrachtet werden dürften. Auch schien Herrn Professor Meyer schon deshalb die Veröffentlichung der Versuche zweckmässig, weil sie doch immerhin manche Fingerzeige für fernere exaktere Experimente enthalten.

Untersucht habe ich die Schliesszapfen und die Karpellanhängsel, welche nach meinen früheren Erfahrungen ja die grösste Wärmemenge lieferten.

Betrachtete ich vor der Erwärmung den Zellinhalt dieser Blütenteile mikroskopisch, so fand ich folgendes: Zum grössten Teil bestand der Inhalt aller Zellen aus Stärke, und zwar in solchen Mengen, dass der übrige Zellinhalt fast kaum zu erkennen war. Daneben fielen zahlreiche, stark lichtbrechende Tropfen besonders auf, die in Wasser und Alkohol unlöslich waren und mit Jodjodkalium oder Chloraljod keine Färbung gaben. Sie lösten sich nach dem Entwässern der Schnitte durch absoluten Alkohol in Äther und Chloroform, nicht aber in Eisessig. Mit Cyaninlösung färbten die Tröpfchen sich blau, mit Alkanninlösung rot. Frische Schnitte nach dem Fixieren durch konzentrierte wässerige Pikrinsäurelösung 20 Stunden in ein Gemisch von Anilinblaulösung und Alkanninlösung gelegt (nach Wakker), zeigten alle Gewebeteile blau und nur die lichtbrechenden Tropfen schön rot gefärbt. Hiernach schienen also die Tropfen aus einem fettartigen Körper zu bestehen.

Erhitzte ich ferner einen frischen Schnitt in etwas Fehling'scher Lösung, so entstand in den Zellen, besonders den der Epidermis zunächstliegenden, ein reichlicher Niederschlag von rotem Kupferoxydul, als Zeichen, dass lösliche reduzierende Substanzen (Kohlehydrate) in den Zellen vorhanden waren.

In den Epidermiszellen fand sich ferner ein Sekret eingelagert, das mit Kupferacetatlösung behandelt sich braun färbte und eine gerbstoffartige Substanz zu sein schien. Reichlicher fanden sich Zellen mit diesem Inhalt in den Schliesszapfen und in der Gewebezone des Ringwalles, wo die Karpellfortsätze angewachsen sind. In letzteren selbst fanden sich nur vereinzelt in der Nähe der Gefässe diese Zellen vor.

24 Stunden nach dem Aufblühen war dann eine bedeutende Veränderung in dem eben geschilderten mikroskopischen Befund nachzuweisen. Der Stärkegehalt der Zellen war sehr viel geringer geworden; zum grössten Teil waren die Zellen vollständig stärkefrei, und nur vereinzelt fand man noch Zellen, deren Stärkegehalt kaum abgenommen zu haben schien. Wo aber noch Stärke vorhanden, fand sie sich überall in Lösung begriffen. Dagegen konnte man eine auffällige Zunahme des fettartigen Körpers feststellen, wenn man Schnitte durch den Karpellfortsatz vor und 24 Stunden nach dem Aufblühen, nach vorhergehender Behandlung mit Chloralhydrat, mit einander verglich.

Nach abermaligen 24 Stunden, zur Zeit etwa, wo die Blüte sich ins Wasser zu senken beginnt, war die Stärke vollständig aus den Zellen verschwunden; nur die stark lichtbrechenden Tropfen der fettartigen Substanz waren in den Zellen noch in reichlichen Mengen vorhanden, wie auch der Gehalt an gerbstoffartiger Substanz sich anscheinend nicht verändert hatte.

Eine der tropfenförmigen Masse wohl teilweise entsprechende Substanz habe ich durch Ausziehen der trocknen Anhängsel mittelst Chloroforms, Verdampfen des Chloroforms und Trocknen der zurückgebliebenen Masse über Schwefelsäure erhalten. Der auf diese Weise gewonnene Körper war eine hellgelbe, stark klebrige Masse, die sich in Äther und Petroläther leicht löste, erhitzt verbrannte sie mit leuchtender, starkrussender Flamme. Zur näheren Charakterisierung erhitzte ich dann den Körper mit alkoholischer Kalilauge auf dem Dampfbade zur Verseifung des Fettes. Hierbei zeigte es sich, dass nur ein Teil des Körpers verseift wurde, ein nicht unbeträchtlicher Teil dagegen als eine klebrige, kautschukartige Masse zurückblieb. Den in Lösung gegangenen Teil charakterisierte ich nach dem Eintrocknen als Fettseife durch Erhitzen mit Natriumsulfit, wobei der durch Glycerin bedingte eigentümliche Geruch nach Akroleïn auftrat.

Ausser diesen beiden Körpern fand ich bei der makrochemischen Untersuchung eine Eisenchlorid-Lösung grünfärbende, gerbstoffartige Substanz, etwa 3,5 % des Frischgewichts, welche ich nach dem Verfahren von Eder in der Weise bestimmte, dass ich die zerriebene Substanz mit Wasser auf dem Dampfbade erschöpfte, die vereinigten Filtrate bis nahe zum Sieden erhitzte und den Gerbstoff dann durch Zusatz von 20 – 25 ccm einer 5 % Kupferacetatlösung ausfällte. Den flockigen, braunen Niederschlag sammelte ich dann sofort auf einem Filter und glühte ihn nach sorgfältigem Auswaschen mit heissem Wasser und nach dem Trocknen im Porzellantiegel. Nach dem Erkalten durchfeuchtete ich den Tiegelinhalt mit Salpetersäure, glühte abermals und brachte das gebildete Kupferoxyd nach dem Erkalten im Exsiccator zur Wägung. 1 g Kupferoxyd entspricht 1,3161 g Gerbstoff.

Schliesslich fand ich noch durch Titration mit $^1/_{10}$ N. Kalilauge fast 1 % Säure, auf Äpfelsäure berechnet. Eine Untersuchung dieser beiden Körper nach der Beobachtungszeit der Erwärmung unterblieb. Die Titration mit $^1/_{10}$ N. Kalilauge lieferte ausserdem ein zu ungenaues Resultat wegen der vorhandenen grossen Menge von organischer, besonders gerbstoffartiger Substanz und muss daher bei zukünftigen Versuchen in anderer Weise ausgeführt werden.

Versuch I.

Bei dem ersten Versuche verfuhr ich in der Weise, dass ich die Anhängsel und Schliesszapfen einer Blüte einzeln herauslöste und in zwei morphologisch und gewichtlich gleiche Portionen teilte. Die eine Portion *A* tötete ich sofort bei 100° C. und trocknete sie bis zum konstanten Gewichte. Die fein zerriebene Substanz extrahierte ich behufs Bestimmung der wasserlöslichen Kohlenhydrate 24 Stunden mit kaltem Wasser, engte das Filtrat durch Eindampfen auf 100 ccm ein und bestimmte nun, nach der Neutralisation, in je 50 ccm der Lösung die Fehling'sche Lösung direkt reduzierende Substanz nach dem Verfahren von Allhin. Es wurde die betreffende Flüssigkeit mit je 30 ccm Kupfersulfat- und Seignettesalzlösung versetzt, aufgekocht, zwei Minuten im Kochen erhalten, dann heiss durch ein Allhin'sches Röhrchen filtriert und nach dem Auswaschen und schnellen Trocknen das Kupferoxydul durch schwaches Erhitzen im Wasserstoffstrom zu Kupfer reduziert. Die durch Wägung gefundene Kupfermenge rechnete ich nach den von E. Wein angegebenen Tabellen in Dextrose um. (Dass keine invertierbaren, nicht reduzierenden Kohlehydrate in der Lösung vorhanden sind, habe ich an einer anderen Materialportion festgestellt.) Den Rückstand des wässerigen Auszuges spülte ich dann mit ca. 150 ccm Wasser in einen Erlenmeyer'schen Kolben, erhitzte die Mischung schwach, um die Stärke zu verkleistern, fügte dann 15 ccm Salzsäure zu und kochte das Ganze 3½ Stunden am Rückflusskühler, nach welcher Zeit ich in der Masse mikroskopisch keine Stärkekörner mehr nachweisen konnte. Die Lösung filtrierte ich nun ab, neutralisierte nach dem Auswaschen des Rückstandes die vereinigten Filtrate mit Natriumkarbonat und dampfte dann dieselben auf 200 ccm ein. In je 50 ccm bestimmte ich in der oben angegebenen Weise die Dextrose und rechnete die gefundenen Werte auf Stärke um.

Die andere Portion *B* dagegen liess ich erst die Wärmeperiode durchmachen und tötete die Pflanzenteile dann ebenfalls durch Trocknen bei 100° C. Die während des Erwärmungsprozesses von dieser zweiten Portion ausgeatmete Kohlensäure bestimmte ich dabei gewichtsanalytisch und versuchte gleichzeitig den während dieser Zeit auftretenden Riechstoff mittelst Alkohol aufzufangen. Diese Bestimmung geschah in folgender Weise: Die Pflanzenteile schloss ich in einen Glascylinder ein, durch welchen ich von unten nach oben einen kohlensäurefreien Luftstrom mit Hülfe einer Wasserstrahlpumpe leitete. Um die Luft von Kohlensäure zu befreien, musste sie vor ihrem Eintritt in den Cylinder einen mit Kalilauge gefüllten Liebig'schen Kugelapparat passieren und dann noch ein Gefäss mit Bariumhydroxydlösung, durch deren Klarbleiben die völlige Entfernung der Kohlensäure aus der Luft bewiesen war. Aus dem Cylinder trat dann die mit der von der Pflanze ausgeatmeten Kohlensäure und dem Riechstoffe bereicherte Luft durch ein U-förmig gebogenes, mit Alkohol behufs Resorption dieses Riechstoffes gefülltes Rohr; nach dem Entwässern des Luftstromes durch Schwefelsäure wurde dann die Kohlensäure in einem tarierten Liebig'schen Kali-Chlorcalciumrohr absorbiert und gewichtlich bestimmt. Der Cylinder stand in einem fast konstant auf 22° C. erwärmten Kasten. Nach etwa 24 Stunden unterbrach ich diesen Versuch, stellte das Gewicht der ausgeatmeten Kohlensäure fest und bestimmte dann in den Pflanzenteilen durch Trocknen bei 100° C. das Trockengewicht und die noch vorhandene Kohlehydratmenge in der schon angegebenen Weise.

Der Versuch wurde unter günstigen Bedingungen angestellt, da infolge der guten Witterung schon vormittags ein Aufbrechen der Knospe für den Abend mit Bestimmtheit vorausgesehen

werden konnte. Gegen 1 Uhr mittags schnitt ich daher die Knospe ab; Geruch war kaum wahrnehmbar, die Erwärmung der Anhängsel aber schon ziemlich beträchtlich. Von den vorhandenen 31 Anhängseln verwandte ich 30 mit den zugehörenden Schliesszapfen, im Gewicht von 18 g, zu diesem Versuche und bestimmte die Menge der ausgeatmeten Kohlensäure nicht in ihrer Gesamtheit auf einmal, sondern stellte fest, wieviel Kohlensäure die Pflanzenteile in vier verschiedenen Zeitabschnitten der Wärmeperiode exhalierten. Und zwar lag die erste Zeitperiode in der Zeit des Ansteigens der Temperatur, von 1 Uhr mittags bis 6 Uhr abends; in die zweite fiel die Zeit der stärksten Erwärmung, von 6 Uhr abends bis 12 Uhr nachts; die dritte Periode bezeichnete das weitere Sinken der Temperatur, ungefähr bis zum ersten Minimum des folgenden Morgens, bis etwa 9 Uhr; und das vierte Stadium dauerte bis 6 Uhr abends desselben Tages; in diesem lag das zweite Maximum der Erwärmung, das ja, wie wir sahen, in der Regel um die Mittagsstunde fiel.

Das Resultat dieses Versuches war folgendes:

A. 1. Die Hälfte *A* im Gewichte von 9 g zeigte nach dem Trocknen ein Gewicht von 2,22 g = 24,66 %. Der Wassergehalt betrug demnach 6,78 g = 75,34 % des Frischgewichts.

2. Der kalt bereitete wässerige Auszug von 1,706 g Trockensubstanz — 0,514 g waren zur Gerbstoffbestimmung zurückbehalten — auf 100 ccm gebracht, lieferte in 50 ccm der durch Neutralisation getrübten Flüssigkeit 0,0942 Cu = 48 mg Dextrose; in 50 ccm der filtrierten Lösung 0,0816 Cu = 41,6 mg Dextrose. Von letzterem Resultat ausgehend betrug also der Dextrosegehalt der 2,22 g Trockensubstanz 0,1082 g.

3. Nach der Invertierung des Rückstandes von 2 engte ich das neutralisierte Filtrat auf 100 ccm ein. Drei Zuckerbestimmungen ergaben:

α. in 25 ccm 0,2175 Cu = 100,6 mg Stärke
β. „ 25 „ 0,2162 „ = 100,1 „ „
γ. „ 50 „ 0,4210 „ = 202,6 „ „

Der Stärkegehalt in den 1,706 g Trockensubstanz betrug also nach *α* berechnet 402,4 mg, in 2,22 g Trockensubstanz demnach 0,5236 g; und der Gesamt-Kohlehydratgehalt der 2,22 g Trockensubstanz mithin 0,6318 g = 7,02 % des Frischgewichts.

B. 1. Die Hälfte *B* im Gewichte von 9 g verlor während der Erwärmung 0,11 g Frischgewicht. Diese geringe Verlustmenge rührte daher, dass ich die Schnittfläche der Pflanzenteile mit feuchter Watte bedeckt hatte und die Gewebeteile infolgedessen grosse Mengen Wasser aufgesogen hatten. Denn der Wassergehalt betrug 7,22 g = 80,23 %, das Trockengewicht 1,67 g = 18,64 %. Der Verlust an Trockensubstanz war also 0,55 g = 6,11 % des Frischgewicht.

2. Der kalt bereitete wässerige Auszug dieser Trockensubstanz auf 100 ccm gebracht ergab 96,8 mg Dextrose aus 0,189 Cu berechnet.

3. Nach Invertierung des Rückstandes engte ich das neutralisierte Filtrat auf 100 ccm ein. Zwei Bestimmungen ergaben:

α. in 50 ccm 0,262 Cu = 122,1 mg Stärke
β. „ 50 „ 0,2655 „ = 123,8 „ „

Der Stärkegehalt in 1,67 g Trockensubstanz betrug also nach *α* berechnet 0,2442 g, der Gesamt-Kohlehydratgehalt nach der 29stündigen Beobachtungszeit demnach 0,341 g = 3,78 % des Frischgewichts.

Der Verlust an Kohlehydrat während der Erwärmung war somit 0,2908 g = 3,23% des Frischgewichts, also wieder annähernd die Hälfte der ursprünglich vorhandenen Menge.

Die während der Beobachtungszeit in den gegebenen Zeiträumen ausgeatmete Kohlensäuremenge stellte sich wie folgt:

Von 1 Uhr	mittags	bis 6 Uhr	abends	. .	0,2503	g.
„ 6 „	abends	„ 12 „	nachts	. .	0,5191	„
„ 12 „	nachts	„ 9 „	morgens	.	0,182	„
„ 9 „	morgens	„ 6 „	abends	. .	0,09	„

Hieraus ergiebt sich ohne weiteres, dass zur Zeit der stärksten Blütenerwärmung, also zwischen 6 und 12 Uhr abends, auch die grösste Kohlensäuremenge ausgeatmet wurde, und dass, entsprechend der geringen Temperaturerhöhung einer Blüte am zweiten Tage des Blühens, auch die Kohlensäure-Ausscheidung am zweiten Tage eine sehr geringe und stetig abnehmende ist. Die gesamte während der Beobachtungszeit ausgeatmete Kohlensäure betrug also 1,0414 g.

Zusammenstellung der Resultate von Versuch I.

A.

Trockensubstanz 2,22	Dextrose . .	0,108	0,632	Kohlehydrate
	Stärke . . .	0,524		
	Rest	1,588		

B.

Trockensubstanz 1,67	Dextrose . .	0,097	0,341	Kohlehydrate
	Stärke . . .	0,244		
	Rest	1,329		

CO_2 1,041 = Stärke *0,639.*

A—B.

Trockensubstanz	= *0,55*
Kohlehydrat	= *0,291*
Rest	= 0,259

Versuch II.

Der zweite Versuch, welcher die Beziehungen zwischen CO_2-Ausscheidung und Veränderung in der Zusammensetzung der Trockensubstanz der Anhängsel allein prüfen sollte, wurde in folgender Weise angestellt: Die Anhängsel einer im Aufblühen begriffenen Blüte wurden herausgeschnitten, in drei morphologisch und gewichtlich gleiche Portionen geteilt (*A*, *B*, *C*) und von diesen Teil *A* sofort durch Erhitzen auf 110° C. getötet und getrocknet. Teil *B* und *C* dagegen wurden sofort in den schon beschriebenen Atmungsapparat gebracht und die ausgeatmete CO_2 bei einer konstanten Temperatur von 25° C. bestimmt, und zwar bei Teil *B* während der Zeit bis 10^{15} Uhr abends, um welche Zeit die Anhängsel herausgenommen und bei 110° C. getötet und getrocknet wurden. Teil *C* dagegen liess ich bis zum

andern Morgen 10 Uhr im Atmungsapparat, bestimmte die Gesamt-CO_2-Menge, tötete dann die Anhängsel ab und trocknete sie bei 110° C.

Bei allen drei Teilen wurde nach der Feststellung des Trockengewichtes die Trockensubstanz mit gereinigtem, ausgeglühten Quarzsand zerrieben und im Soxhlet der Extraktion mit Chloroform unterworfen. Die vorhandene Extraktmenge wurde durch Rückwägung der Trockensubstanz berechnet. Der Rückstand dieser Extraktion wurde behufs Bestimmung der wasserlöslichen Kohlehydrate 48 Stunden mit Wasser bei Zimmertemperatur digeriert, das Filtrat auf 100 ccm eingedampft, neutralisiert und erforderlichen Falls nochmals filtriert.

Die Bestimmung des Zuckergehaltes geschah in derselben Weise wie bei den früheren Versuchen. Bemerken will ich noch besonders, dass ich einen Fehling'sche Lösung indirekt reduzierenden Körper nicht gefunden habe.

Die Bestimmung der unlöslichen Kohlehydrate (Stärke) wurde in folgender Weise durchgeführt: Der Rückstand von der Digestion mit kaltem Wasser wurde behufs Überführung der Stärke in lösliche Stärke mit etwas Wasser und einem Körnchen Weinsäure in einer Druckflasche auf 130° C. erhitzt und 4 Stunden lang in dieser Temperatur gehalten. Nachdem dann die Masse auf mindestens 90° C. abgekühlt war, wurde die Flasche geöffnet und der Inhalt in einen mit Glaswolle lose verstopften Trichter gespült. Der Rückstand auf dem Trichter wurde mit Wasser gut ausgewaschen, bis im Filtrat keine Stärke mehr nachzuweisen war und dasselbe etwa 300 ccm betrug. Dann wurde das Filtrat in einer Schale mit 20 ccm 25% HCl versetzt, mit einem Trichter bedeckt und auf dem Dampfbade 2 Stunden in schwachem Kochen gehalten. Nachdem auf diese Weise die Stärke invertiert war, neutralisierte ich die Flüssigkeit mit Kalilauge, filtrierte und dampfte sie auf 200 ccm ein. In je 25 ccm dieser Lösung bestimmte ich die Fehling'sche Lösung reduzierende Substanz in der früher angegebenen Weise.

Resultate Versuch II.

Die Knospe wurde um 4^{30} Uhr abgeschnitten, die 33 Anhängsel derselben herausgeschnitten und die 33 einzelnen Teile in drei morphologisch gleiche Partieen von je 3 g geteilt.

A. 1. Teil *A* lieferte nach dem Trocknen bei 110° C. 0,901 g Trockengewicht = 30,04% des Frischgewichts; der Wassergehalt betrug demnach 69,96%.

2. Die Extraktion im Soxhlet ergab 0,1225 g Extrakt = 4,083% des Frischgewichts.

3. Der kalt bereitete wässerige Auszug des Rückstandes von 2 auf 100 ccm gebracht, lieferte bei drei Bestimmungen in je 25 ccm 0,0530 Cu, 0,0520 Cu, 0,0525 Cu. 0,0525 Cu entspricht 27 mg Dextrose, 100 ccm enthielten daher *108 mg* Dextrose.

4. In der nach der Invertierung der Stärke erhaltenen Lösung fand ich bei drei Bestimmungen in je 25 ccm 0,1023 Cu, 0,1025 Cu, 0,1033 Cu. 0,1025 Cu entspricht 47,0 mg Stärke, 200 ccm enthielten also *376 mg* Stärke. Der Gesamtgehalt an Kohlehydrat in *A* betrug also 0,484 g = 16,133% des Frischgewichts.

B. 1. Teil *B* atmete in der Zeit von 5 Uhr nachmittags bis 10^{15} Uhr abends, also in 5 Stunden 15 Minuten, *0,221 g* CO_2 aus; das Trockengewicht bei 110° C. betrug 0,775 g = 25,833% des Frischgewichts.

2. Die Extraktion im Soxhlet ergab 0,1370 Extrakt = 4,566% des Frischgewichts.

3. Der kalt bereitete wässerige Auszug des Rückstandes, von 2 auf 100 ccm gebracht, lieferte bei zwei Bestimmungen in je 25 ccm 0,121 Cu, 0,123 Cu. 0,123 Cu entspricht 62,6 mg Dextrose, 100 ccm enthielten also *250,4 mg* Dextrose.

4. In der nach der Inversion der Stärke erhaltenen Lösung fand ich bei drei Bestimmungen in je 25 ccm 0,0635 Cu, 0,063 Cu, 0,0625 Cu. 0,063 Cu entspricht 29,1 mg Stärke, 200 ccm enthielten also *232,8 mg* Stärke, der Gesamtgehalt an Kohlehydraten betrug demnach *0,4832 g* = 16,106 % des Frischgewichts.

C. 1. Teil *C* atmete in der Zeit von 5 Uhr bis 10^{15} Uhr abends 0,177 CO_2 und von 10^{15} Uhr abends bis 10 Uhr vormittags 0,217 CO_2 aus, im ganzen also in 16 Stunden 45 Minuten 0,394 g CO_2; das Trockengewicht bei 110° C. betrug 0,6335 = 21,45 % des Frischgewichts.

2. Die Extraktion im Soxhlet ergab 0,131 g = 4,366 % des Frischgewichts.

3. Der kalt bereitete wässerige Auszug des Rückstandes von 2 auf 100 ccm gebracht, lieferte bei drei Bestimmungen in je 25 ccm 0,055 Cu, 0,058 Cu, 0,056 Cu. 0,056 Cu entspricht 28,8 mg Dextrose, 100 ccm enthielten somit *115,2 mg* Dextrose.

4. In der nach der Inversion der Stärke erhaltenen Lösung fand ich bei drei Bestimmungen in je 25 ccm 0,008 Cu, 0,0086 Cu, 0,0075 Cu. 0,008 Cu entspricht 4,6 mg Stärke, 200 ccm enthielten also *36,8 mg* Stärke. Der Gesamtgehalt an Kohlehydraten in *C* betrug hiernach 0,152 g = 5,066 % des Frischgewichts.

Zusammenstellung der Resultate des Versuches II.

A.

Trockensubstanz 0,901 { Extrakt . . . 0,122; Dextrose . . 0,108; Stärke . . . 0,376 } 0,484 Kohlehydrate; Rest 0,295

B.

Trockensubstanz 0,775 { Extrakt . . . 0,137; Dextrose . . 0,250; Stärke . . . 0,233 } 0,483 Kohlehydrate; Rest 0,155

CO_2 0,221 = *0,136 mg* Stärke.

Duft?

C.

Trockensubstanz 0,633 { Extrakt . . . 0,131; Dextrose . . 0,115; Stärke . . . 0,037 } 0,152 Kohlehydrate; Rest 0,350

CO_2 0,394 = *0,242 mg* Stärke.

Duft?

A — B.

Trockensubstanz *0,126* { Kohlehydrat = 0,001; Extrakt . . = — 0,015; Rest . . . = 0,140

A — C.

Trockensubstanz *0,267* { Kohlehydrat = 0,332; Extrakt . . = — 0,009; Rest . . . = 0,056

Vergleichen wir die Resultate der beiden Versuche mit einander, so sehen wir zuerst, dass die der ausgeatmeten Kohlensäure entsprechende Stärkemenge nicht völlig dem Verlust an Trockensubstanz gleichkommt.

I	*A*—*B*.	CO_2—Stärke	= 0,639;	Trockensubstanz-Verlust	0,55.
II	*A*—*B*.	dgl.	= 0,136;	dgl.	0,126.
II	*B*—*C*.	dgl.	= 0,242;	dgl.	0,267.

Wir bemerken, dass Trockensubstanz-Verlust und Kohlensäure-Produktion in ihrem Verhältnisse schwanken. In I *A*—*B* ist die CO_2-Bildung relativ gross, in II *B*—*C* relativ klein. Wenn auch die Duftbildung, die hier nicht quantitativ verfolgt wurde, eine kleine Rolle spielen könnte, so würden diese Zahlen doch zeigen, dass die bei der Atmung verwandten Stoffe nicht immer die gleichen, nicht immer nur Kohlehydrate sein können. Allerdings haben wir hier die Gleichheit der Portionen, die relativ wahrscheinlich ist, vorausgesetzt.

Wie verschiedenartig die Umlagerungen sein können, welche während des Atmungsprozesses im Protoplasten sich abspielen, dafür bietet der Vergleich von II *B* und II *C* ein gutes Beispiel. Während sich in II *B* noch 0,483 Kohlehydrate finden, also der Protoplast an diesen Stoffen noch so reich ist, wie anfangs in *A*, obgleich 0,221 CO_2 entwichen, finden sich in II *C* nur noch 0,152 Kohlehydrate.

Danach scheint mir die Angabe von Kraus, dass die Protoplasten der Arum-Keulen in ihrer Zusammensetzung während der Erwärmung gleich blieben, dass nur die Stärke einfach darin verbrenne, doch etwas zweifelhaft. In der That lässt sich leicht zeigen, dass die von G. Kraus für *Arum italicum* gefundenen Werte durchaus nicht als so zuverlässig und feststehend anzusehen sind, wie man auf den ersten Blick hin wohl glauben könnte.

Als prozentische Zusammensetzung der lebenden Arum-Keulen, vor und nach der Erwärmung, giebt Kraus pag. 263 uns folgende Übersicht:

	Vor der Erwärmung	Nach der Erwärmung
Wasser	61,1	89,9
Stärke	25,5	0,0
Zucker	4,5	0,0
Eiweisskörper	3,6	3,84
Amidkörper	1,3	1,43
Pflanzensäure	0,9	1,33
Lösliche unbekannte Stoffe	0,84	1,2
Asche	0,77	0,75

Betrachten wir die Entstehung dieser Werte, so finden wir, dass dieselben in einer Weise gewonnen sind, die denselben nur einen geringen Wert zuerkennen lässt. Wie aus Tabelle I pag. 264 der Kraus'schen Arbeit hervorgeht, sind in 100 Teilen Frischgewicht 38,9 Teile Trockensubstanz, und von diesen verloren gegangen 28,8 Teile. Diese Zahlen sind, wie die Tabellen pag. 285 und 287 zeigen, das Mittel der Untersuchungen von 11 resp. 23 Knospenkeulen.

Ob diese Anzahl von Versuchen genügt, um eine sichere, vergleichbare Mittelzahl zu bekommen, erscheint jedoch sehr fraglich, wenn man sieht, dass das Trockengewicht der Keulen von 28,5% (Mittel von 3 Keulen) bis 40,8% (Mittel von 4 Keulen) schwanken kann vor der Erwärmung, und 8,9 bis 10,8%

nach der Erwärmung. Immerhin sind diese Mittelzahlen für die Trockensubstanz, die zur Berechnung des mittleren Wassergehaltes vor und nach der Erwärmung dienen, noch die genauesten, die Kraus angiebt, da seinen anderen Bestimmungen noch viel weniger Fälle zu Grunde gelegt sind. Denn sehen wir uns die Berechnung der Kohlehydrat-Menge näher an, so finden wir, dass Kraus nur von 5, resp. 4 Keulen (pag. 288/89) den Kohlehydrat-Gehalt bestimmt und von diesen dann das Mittel genommen hat. Wenn aber, wie gesagt, die Trockensubstanz schon zwischen 28 und 40% schwankt, so ist die Annahme wohl berechtigt, dass auch der Gehalt an Kohlehydrat in dieser Trockensubstanz stark schwankt; man darf daher wohl kaum annehmen, dass Mittelzahlen, die aus Versuchen mit 5 resp. 4 Keulen gezogen sind, sich der wirklichen Mittelzahl mit Sicherheit nähern.

Noch ungenauer nun sind die Zahlen, die wir in der Tabelle für Eiweiss- und Amidkörper aufgestellt sehen. Die Zahlen für die vor der Erwärmung gefundenen Mengen dieser Körper, die Kraus in der Übersichtstabelle angiebt, beruhen auf einer einzigen Analyse (pag. 292 VI. 1), welche mit 4 Keulen gemacht ist. Inwieweit also der Gehalt an diesen Körpern in den einzelnen Keulen Schwankungen unterworfen ist, kann man hieraus nicht erkennen. Dass er aber, entsprechend den Schwankungen des Trockensubstanz-Gewichtes, nicht unbedeutend gewesen sein wird, kann man vielleicht aus den Resultaten schliessen, die die Analysen der Kolben nach der Erwärmung gegeben haben. Bei den vier Analysen der verblühten Kolben schwankt nämlich der Gehalt an wasserlöslichem Stickstoff von 1,57% (Mittel aus 2 Keulen) bis 1,29% (Mittel aus 6 Keulen), und derjenige an wasserunlöslichem Stickstoff von 4,9% (Mittel aus 2 Keulen) bis 7,4% (Mittel aus 6 Keulen) der Trockensubstanz. Also auch hier finden wir grosse Differenzen, wie bei der Trockensubstanz, welche um so mehr ins Gewicht fallen, als es sich an und für sich schon um kleine Werte handelt. Die Zahlen eignen sich daher auch sehr wenig dazu, den Durchschnittsgehalt von stickstoffhaltiger Substanz im Kolben wiederzugeben oder gar zu Vergleichszahlen der Bewegung der stickstoffhaltigen Substanz während der Erwärmungszeit zu dienen.

Dass keine stickstoffhaltige Substanz bei dem Atmungsprozess mit eingegriffen haben soll, scheint mir durch diesen Versuch noch nicht bewiesen zu sein. Denn bei der grossen Verschiedenheit in der prozentischen Substanz-Zusammensetzung der einzelnen Arum-Keulen scheinen mir doch die von Kraus angeführten Momente nicht stichhaltig genug und nicht genügend bewiesen zu sein durch eine hinreichende Anzahl Analysen. Was schliesslich die Pflanzensäuren anbetrifft, so zeigen uns die das Mengenverhältnis vor und nach der Erwärmung angebenden Zahlen nur, dass die Säuremenge nach der Wärmeperiode bedeutend zugenommen hat. Woraus dieses Mehr entstanden ist, ob aus Kohlehydraten oder anderen Körpern, das zu erörtern würde nach dem bisher Gesagten nunmehr unnötig sein.

Wenn wir also die Kraus'schen Tabellen von diesem Gesichtspunkte aus betrachten, so bleibt als thatsächliche, allerdings höchst interessante Erscheinung nur der vollständige und äusserst schnelle Verlust von grossen Mengen (30%) Kohlehydraten übrig. Wo dieselben aber geblieben sind, ob sie wirklich fast ausschliesslich veratmet oder teilweise in andere Körper (unbekannte Stoffe) übergegangen sind, diese Frage ist jedenfalls durch diese Untersuchung nicht erledigt. Wenn Kraus zur Bestätigung seiner Annahme seine Resultate mit den von Garreau gefundenen Werten für Kohlensäure vergleicht und meint, dass beide Resultate sich ganz gut decken, so kann diesem gar kein Wert beigelegt werden, da die von Kraus benutzten Versuchsobjekte mit denen von Garreau ja gar nicht direkt vergleichbar sind.

Würde man das Mittel von den fünf Stärke- und vier Zuckerbestimmungen, die Kraus gemacht hat, nehmen = 0,6513 g, und das Mittel der drei Garreau'schen Versuche = 661,6 ccm Kohlensäure, so würde keineswegs eine Übereinstimmung zu erzielen sein, denn den Kraus'schen 0,6513 g verlorengegangenen Kohlehydraten würde nach den Garreau'schen Versuchen ein durch die ausgeatmete Kohlensäure ermittelter Verlust von 0,8 g Kohlehydrat gegenüberstehen, wobei die Kohlensäure allein auf Stärke, nicht auch auf Dextrose berechnet ist, in welch letzterem Falle ja die Zahl noch höher würde.

Richtige, mit einander vergleichbare Mittelzahlen würden also nur durch eine bedeutend grössere Anzahl Analysen zu erhalten sein, als sie Kraus gemacht hat.

Litteraturverzeichnis.

Baillon, Nymphaeacées; Histoire des Plantes Tome III.

Blake, J. H., The prickle-pores of *Victoria regia;* Annals of Botany vol. I, p. 74, 1887.

Bonnier, Sur la quantité de chaleur dégagée par les végétaux pendant la germination; Bulletin de la société botanique 27, 1880.

I. Caspary, Rob., Nymphaeaceae in Martii, Flora brasiliensis vol. IV, pars II, fasc. 77, p. 129, 1878.

II. Caspary, Rob., Nymphaeaceae in Engler-Prantl, Die natürlichen Pflanzenfamilien III, 2.

III. Caspary, Rob., Über Wärmeentwickelung in der Blüte von *Victoria regia* Lindl.; Bomplandia III, p. 178, 1855.

IV. Caspary, Rob., Über Wärmeentwickelung in der Blüte von *Victoria regia*, mitgeteilt von Professor Braun; Abh. der kgl. preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1855.

Delpino, Fed., Ulteriori Osservazioni e considerazioni sulla dicogamia nel regno vegetale und Sugli apparecchi della Fecondazione nelle piante autocarpee (Fanerogame): Atti della Società italiana di scienze naturali in Milano Vol. XI, XII, XVI, XVII.

Erikson, J., Über Wärmebildung durch intramolekulare Atmung der Pflanzen; Untersuchungen aus dem botanischen Institut zu Tübingen I, 1881—1885.

Eichler, A. W., Blütendiagramme, 1875.

Garreau, Relation entre l'oxygène consommé par le spadice de l'*Arum italicum*, en état de paroxysme; Annales des sciences naturelles botaniques III, Sér. XVI, 1855.

Göbel, K., Zur Entwickelungsgeschichte des unterständigen Fruchtknotens; Botan. Zeitung 1876, p. 729.

Henfrey, Arthur, On the anatomy of the stem of *Victoria regia;* Phil. trar. 1852.

Hildebrand, F., F. Delpino's weitere Beobachtungen über die Dichogamie im Pflanzenreich; Botan. Zeitung 1870, Nr. 38.

Hooker, W. J., Description of *Victoria regia.* 1851.

Hoppe, Über die Blütenwärme bei *Colocasia odora;* Nova acta Bd. 41, 1879/80.

I. Kraus, Gregor, Über die Blütenwärme von *Arum italicum;* Abhandl. d. naturf. Gesellschaft zu Halle 1885.

II. Kraus, Gregor, Über Erwärmung der Blüten bei Cycadeen, Palmen und Araceen; Annales du jardin botanique de Buitenzorg Vol. XIII, p. 217, 1896.

Lehmann, Über Wärmeentwickelung in den Blüten von *Victoria regia;* Berichte der 29. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Wiesbaden 1852.

Meyer, Arthur, Wissenschaftliche Drogenkunde II, p. 246, 1892.

Müller, Herm., Die Befruchtung der Blumen durch Insekten. 1873.

Payer, J. B., Traité d'organogénie comparé de la fleur. 1857.

Planchon, J. E., Études sur les Nymphéacées; Annales des sciences naturelles botaniques III, Sér. XIX, 1853.

Planchon, J. E., et van Houtte, La *Victoria regia*, au point de vue horticole et botanique; Flore des serres 1850—51.

I. Pfeffer, W., Pflanzenphysiologie II, 1881.

II. Pfeffer, W., Über Steigerung der Atmung und Wärmeproduktion nach Verletzung lebenskräftiger Pflanzen; Berichte der math.-phys. Klasse der kgl. sächsischen Ges. d. Wissensch. Leipzig 1896.

Raciborski, M., Morphologie der Nymphaeaceen; Flora 1894.

Seidel, C. F., Zur Entwickelungsgeschichte der *Victoria regia;* Nova acta 1869.

Schomburgk, R., Reisen in Gujana und am Orinoko während der Jahre 1835—39.

Vorliegende Arbeit habe ich auf Veranlassung und unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Arthur Meyer im Botanischen Institut der Universität Marburg angefertigt. Es sei mir an dieser Stelle gestattet, Herrn Prof. Meyer für seine Unterstützung und sein der Arbeit entgegengebrachtes reges Interesse meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Auch Herrn Geh. Rath Prof. Dr. Engler in Berlin und Herrn Prof. Dr. Zacharias in Hamburg sage ich an dieser Stelle nochmals meinen Dank für die Unterstützung, die sie mir durch Überlassung von Victoria-Pflanzen aus den ihrer Leitung unterstehenden Botanischen Gärten haben zu teil werden lassen.

Lebenslauf.

Eduard Ludwig Franz Knoch, geboren zu Blumenthal, Reg.-Bez. Stade, am 31. Juli 1867 als Sohn des Apothekers Wilh. Knoch und seiner Ehefrau Meta, geb. Dreier, evangelischer Konfession, besuchte bis zum Jahre 1879 die Schule zu Pyrmont und danach bis zum Jahre 1887 die Gymnasien zu Giessen und Crefeld. Dann widmete er sich der Apothekerlaufbahn, genügte seiner Militärpflicht und bezog im Sommersemester 1893 die Universität Marburg, wo er im Wintersemester 1894/95 sein Staatsexamen bestand. Nachdem er sich erst noch ein Semester mit dem Studium der Untersuchung von Nahrungs- und Genussmitteln beschäftigt hatte, war er vom Sommersemester 1895 bis 1. Mai 1898 als Assistent am Botanisch-pharmakognostischen Institute zu Marburg thätig, wo er im Laufe dieser Zeit vorliegende Arbeit anfertigte.